

NISTEP REPORT No.103

平成 18 年度 科学技術振興調整費 調査研究報告書

イノベーションの測定に向けた基礎的調査 報告書

平成 19 年 3 月

文部科学省 科学技術政策研究所

Preliminary Study on the Measurement of Innovation

3rd Policy-oriented Research Group,
National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP)
Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
JAPAN

本報告書は、科学技術振興調整費による業務として、科学技術政策研究所が実施した「イノベーションの測定に向けた基礎的調査（平成 18 年度）」の成果を取りまとめたものです。

本報告書の複製、転載、引用等には科学技術政策研究所の承認手続きが必要です。

目 次

概要	i
----	---

本編

序章 調査の目的及び内容等	1
序 . 1 調査の背景と目的	1
序 . 2 調査の内容と調査体制	2
第1章 イノベーションとイノベーション計測をめぐる政策動向	5
1 . 1 イノベーション政策をめぐる国際的動向	5
1 . 1 . 1 米国の動向	5
1 . 1 . 2 欧州の動向	8
1 . 1 . 3 我が国における科学技術基本計画と科学技術イノベーション に向けた取組	10
1 . 2 イノベーション計測をめぐる政策動向	12
1 . 2 . 1 米国の動向	12
1 . 2 . 2 OECD の動向	15
1 . 2 . 3 欧州の動向	17
1 . 2 . 4 我が国の動向	18
第2章 イノベーション研究の現状とイノベーション計測に向けた課題と方向性	21
2 . 1 イノベーションの測定に向けた方向性と本調査の進め方	21
2 . 1 . 1 イノベーションの測定に向けた方向性	21
2 . 1 . 2 調査研究の進め方	22
2 . 2 企業のイノベーション活動と科学技術や知識の結び付き	25
2 . 2 . 1 組織間にまたがるサイエンス・ナレッジの結集の現況と課題 - 半導体産業を事例に - 【中馬宏之、橋本哲一】	25
2 . 2 . 2 既存産業におけるサイエンスとの関係の変化 - ディスプレイ関連学会を事例に - 【榊原清則、松本陽一】	58
2 . 2 . 3 企業価値と知的資本 - ライフサイエンス産業を事例に - 【小田切宏之、羽田尚子】	91
2 . 3 イノベーションのプロセスに即した科学技術指標やイノベーション 指標の開発と接続	110
2 . 3 . 1 科学研究と技術の連関【調 麻佐志、富澤宏之、山下泰弘、 玉田俊平太】	110
2 . 3 . 2 イノベーション活動の統計的観測【伊地知寛博】	149
2 . 3 . 3 イノベーション関連指標の統合的利用【鈴木 潤】	173
2 . 4 イノベーションのインパクトの定量的把握に向けて	190
2 . 4 . 1 市場データを用いたイノベーションの測定【大橋 弘】	190

2.4.2	研究開発・イノベーションと生産性上昇 【深尾京司、権 赫旭】	225
2.5	イノベーション・システムのガバナンスの影響とパフォーマンス	243
2.5.1	ナショナル・イノベーション・システムのパフォーマンス測定 手法に関する予備的考察【永田晃也、大西宏一郎】	243
2.5.2	イノベーション・システムのガバナンスに関する比較制度研究 【角南 篤】	257
2.6	イノベーション研究の現状と課題等を踏まえた取組の方向性	283
2.6.1	企業のイノベーション活動と科学技術や知識の結び付き	283
2.6.2	イノベーションのプロセスに即したミクロな指標体系の構築	284
2.6.3	イノベーションのインパクトの定量的把握	285
2.6.4	ナショナル・イノベーション・システムのガバナンスの影響と パフォーマンス	285
第3章	イノベーションの測定に向けて今後進めるべき取組	287

参考資料

海外調査、海外研究者の招聘等の記録

The Atlanta Conference on S&T Policy 2006 - US -EU Policies for Research and innovation - (ジョージア工科大学 & PRIME : 科学技術政策 アトランタ会議) < 2006.5.18 ~ 5.20 >	295
G8 イノベーションに関する産業界と大学のリーダーのシンポジウム < 2006.7.11 >	300
OECD / GSF ヘルシンキ会合 < 2006.7.12 >	302
NSF ライトフット局長講演「科学政策のための科学 : 米国 NSF のイニシアテ ィブ」 < 2006.8.28 >	315
Blue Sky (オタワ) < 2006.9.25 ~ 9.27 >	347
NESTI -SWIC 合同 WG < 2007.11.15 >	353
欧州 CEIES 会合 < 2007.2.5 ~ 2.6 >	355
Katy Borner インディアナ大学准教授講演「科学のマッピング : 科学知識 とイノベーションのダイナミクスを分析し可視化する」 < 2007.2.13 >	357
国際フォーラム「イノベーションとその取り組みを巡る国際動向」セッシ ョン : 「イノベーション測定」 < 2007.3.12 ~ 3.13 >	375
EU KLEMS (生産性計量) 会合 < 2007.3.16 ~ 3.18 >	410

「イノベーションの測定に向けた基礎的調査」の概要

1. 本調査の背景と目的

国内外で相次ぐイノベーション創出政策

グローバル化の進展、新興工業国の台頭と国際競争の激化の下、イノベーションの創出は我が国をはじめ世界各国において喫緊の政策課題。

(第3期科学技術基本計画、長期戦略指針「イノベーション25」(日本)、「パルミサーノ・レポート」、全米競争力イニシアティブ(米国)、リスボン戦略、新リスボン戦略、“Creating an Innovative Europe”(欧州)等)

イノベーション測定に向けた各国の動向

相次ぐイノベーション創出政策とともに、イノベーションに関するより深い理解に基づきイノベーション政策や科学技術政策を一層効果的に進める政策ニーズが高まる。

従来の静的でマクロな指標ではイノベーションのダイナミズムを十分に捉えられないとの認識から、経済学をはじめとする社会科学や情報科学を結集した学際的取組によりイノベーションの動態を明らかにし、政策がイノベーションに与える効果を測定・評価する手法や指標を開発し、エビデンスに基づいた政策の構築や評価に活かそうという動き。

米国：マバーガー大統領補佐官の提唱に基づく“Science of Science and Innovation Policy”プログラム(NSF)、商務省のイノベーション計測パネル

OECD：従来からの科学技術指標や企業のイノベーション活動の把握等に加え、イノベーション・システムのガバナンス(イノベーション・システムを国家がどう統治するか)やミクロ/サブミクロレベル(企業/事業単位)におけるイノベーションの動態の具体的な定量的把握への関心の高まり

欧州：「欧州イノベーション調査(CIS)」やEU KLEMS プロジェクト(経済成長、生産性、雇用創出、資本や技術変化に関するデータの蓄積・分析等)

我が国：「科学技術研究調査」(総務省統計局)や「(体系)科学技術指標」(科学技術政策研究所)に加え、「基本計画の達成効果の評価のための調査」(2003・2004年度)を実施。

今後引き続き取り組むべき課題は、論文と特許の関係(リンケージ)さらには科学技術政策との関係の分析による政策効果の把握や評価の定量化、科学技術のインパクトの定量的かつ比較可能な把握、技術がインパクトをもたらすまでの関係主体間の相互作用の構造、動態と公的研究開発や支援の効果の把握等。

総合科学技術会議「イノベーション創出総合戦略」(2006年)を受け、本基礎的調査を実施。

本調査の目的と目標

本調査の目的：科学技術研究がイノベーション創出を通じ社会にどのようなインパクトをもたらしたかについて測定・評価する手法の構築への貢献。

本調査の目標：経済、統計、評価、科学技術等の各種専門家を結集した調査体制の確立、海外動向や先行研究等の調査検討及び我が国におけるイノベーション計測・評価の確立に向けた2007年度以降の調査研究提案の取りまとめ。

2．本調査の進め方

「イノベーションの測定に向けた基礎的調査推進委員会」(座長：後藤晃東京大学先端科学技術研究センター教授)の下で調査検討。

海外からの研究者の招聘や国際会議への参加等を通じたイノベーションとイノベーション計測を巡る政策動向や研究の現状の把握。

イノベーションの測定に向けた課題や今後進めるべき取組の抽出・検討と 2007 年度以降進めるべき調査研究提案の取りまとめ。

3．イノベーション研究の現状と本調査における検討の構造

科学技術研究開発がイノベーションに与えた効果・影響を明らかにするためには、プロジェクト・企業・事業レベルといったミクロ/サブミクロレベルでイノベーションのプロセスに応じ定量的に測定・評価する手法が必要である。

しかし、科学技術イノベーション・プロセスは、関連する主体・要因が多様かつ複雑であり、かつ長期に亘る確率的過程であるので、手法の構築はプロセス解明、指標の設定・測定とモデルによる計量・検証を同時並行的に相互にすり合わせながら進める必要がある。

これらを踏まえ、本調査では、多岐にわたり、独立、分散して進められているイノベーション研究について、企業におけるプロセス中心だった視野を科学技術に広げるとともに、相互の接続・協力を模索するという立場から関連研究の結集を図り、以下を中心に検討を行った。

- (ア) 企業のイノベーション活動と科学技術や知識との結びつきの明確化
- (イ) イノベーション・プロセスに即したミクロな指標体系の構築
- (ウ) イノベーションのインパクトの定量的把握に向けたミクロ計量経済モデルの拡張
- (エ) ナショナル・イノベーション・システムのガバナンスの影響とパフォーマンス

4．イノベーションの測定に向けて今後進めるべき取組

本調査の結果、

企業のイノベーション活動と科学技術や知識との結びつきに関しては、サイエンス型産業を例に、基礎・応用研究から製品化に至る組織を超えた知の結集と連鎖について解明する必要性が示唆された。また、企業が学会活動を技術知識の交換の場として技術戦略に位置づけ活用している可能性も指摘された。さらに、企業の特許のサイエンス・リンケージ等各種特許関連指標を用いて企業の知的資本を計測する手法の可能性が示唆された。

イノベーション・プロセスに即したミクロな指標体系の構築に関しては、特許における論文の引用分析による科学研究の技術への波及の定量化やこれと研究資金データの組み合わせによる科学技術政策・科学研究・技術開発の連関の定量的把握の可能性等が示唆された。また、企業のイノベーション活動を把握する「全国イノベーション調査」の改善の必要性、さらに、分散したイノベーション関連データの企業/事業等(ミクロ/サブミクロ)レベルでの接続・集約と時系列データ化の必要性が指摘された。

科学技術やイノベーションの効果のミクロな計量については、イノベーション関連指標と生産性の推計を組み合わせ、技術知識ストックが生産性を上昇させる過程を明らかにし、科学技術と生産性の関係を分析するモデルの構築の可能性や、プロセス・イノベーションを技術が生産関数に与えた影響により計測するとともに、プロダクト・イノベーションを新製品投入が社会にもたらす便益により計測する可能性も示唆された。

ナショナル・イノベーション・システムの分析については、システムのパフォーマンスを階層構造からなるシステム概念に基づき分析する可能性やパフォーマンスに影響する要因としての政府によるイノベーション・システムのガバナンスの調査研究が示唆された。

これらを踏まえ、以下のような調査研究課題が抽出された。

1) ミクロ/サブミクロのプロセスに即したイノベーションの測定手法の調査研究

a) 企業のイノベーション活動と科学技術・知識の結びつきの分析

- ・ 基礎・応用研究から製品化に至る組織を超えた知の結集と連鎖のプロセスの解明
- ・ 学会活動等を通じた技術知識の交換・結集のプロセスの解明
- ・ 知的資本（企業の特許と科学のリンケージ等）と企業価値の関連分析

b) イノベーション・プロセスに即したミクロな指標体系の構築

- ・ 科学研究が技術に及ぼした波及効果の定量化：論文と特許のリンケージ解析
- ・ 企業におけるイノベーション活動の観測手法の改善
- ・ イノベーション関連ミクロ/サブミクロデータの接続・集約と時系列データ化手法の確立

c) 科学技術イノベーションの効果のミクロな計量

- ・ 生産性、生産関数、社会への便益における科学技術イノベーションの効果の計量

2) ナショナル・イノベーション・システムのガバナンスの影響とパフォーマンス

- ・ 定量的なパフォーマンスの把握とシステムへのガバナンスの影響に関する比較制度研究

2007年度は、これらの課題についてまずサイエンス型産業（半導体産業とライフサイエンス産業）と既存産業として家電産業（ディスプレイ産業）関連科学技術を中心に調査研究を行うことが適当である。そして、その後はこれらアプローチの有効性を確かめるとともに、「プロセスの理解」、「指標体系の構築」、「モデルでの計量（測定）」、「計量（測定）結果による修正」といったアプローチ間での連携や成果に基づく相互検証・すりあわせを行いながら、他の分野への適用・拡大に向けた一般化に取り組むことが適当である。

また、これら調査研究に際しては、国内外のイノベーション研究者や研究イニシアティブの継続的な結集と連携関係の構築や科学技術政策担当者とイノベーション研究者の対話の深化を図ることが重要である。

本 編

序章 調査の目的及び内容等

序．１ 調査の背景と目的

第３期科学技術基本計画¹では、第１期・第２期科学技術基本計画期間の投資により向上した我が国の科学技術力を、経済・社会の広範な分野での我が国発のイノベーションの実現を通じて社会に還元し、我が国の持続的繁栄を確実なものとする取組の重要性を強調し、イノベーションを生み出すシステムの強化等をうたっている。2006年６月には、総合科学技術会議において「イノベーション創出総合戦略²」がとりまとめられ、現在、安倍内閣では2025年までを視野に入れた我が国社会の活力と経済の成長に貢献するイノベーションの創造に向けた長期戦略指針「イノベーション25」の策定が進められている。イノベーションの創出は、我が国のみならず世界各国にとっても喫緊の課題となっており、2004年の米国の通称「パルミサーノ・レポート³」をはじめ、2006年米国大統領教書、EU新産業戦略、中国第11次5ヵ年計画等においてもイノベーション政策が強調されている。

これらイノベーション創出に向けた取組が進むとともに、科学技術政策やイノベーションについてのより深い理解やエビデンスに基づいて政策をより一層効率的に進めることが必要であるとの認識も高まっている。従来、公的研究開発投資等が、最終的にどのくらい社会的、経済的価値を創出したかを測定することは、その不確実性や、時間性等の要因から、非常に困難なものと考えられてきたが、イノベーションの創出に向けた一層の政策的取組を推進するに当たり、社会科学をはじめとする関連研究を結集して、イノベーション創出効果の測定・評価方法を構築し、政策の強化充実をはかることが求められている。例えば、マーバーガー米国大統領補佐官が提唱し、全米科学財団(National Science Foundation :NSF)において関連プロジェクトが推進されようとしている“Science of Science and Innovation Policy”の動きや、ジョージア工科大学とPRIME(Policies for Research and Innovation in Moving towards the European)⁴による「科学技術政策アトランタ会議2006：米・欧の研究イノベーション政策」、OECD/GSFによる「科学技術政策を支える科学に関するワークショップ－公的研究開発投資における理解の発展のために－」、日本学術会議他の主催による「持続可能な発展のための科学と技術に関する国際会議2006－グローバル・イノベーション・エコシステム－」など、世界的にもエビデンスに基づく政策に向けた気運が高まっている。こうした動きを踏まえ、我が国においてもエビデンスに基づく科学技術政策やイノベーション政策の推進基盤として、イノベーション測定に関する研究に早急に取り組むことが求められている。

¹ 「科学技術基本計画」(2006年3月28日閣議決定)

² 総合科学技術会議(2006)「イノベーション創出総合戦略」

³ Council on Competitiveness : CoC (2004) “Innovate America : Thriving in a World of Challenges and Change”

⁴ PRIMEは、科学及びイノベーション政策の長期的な研究と共通のインフラを展開を目的とする欧州委員会の第6次フレームワーク計画における主要プロジェクト。

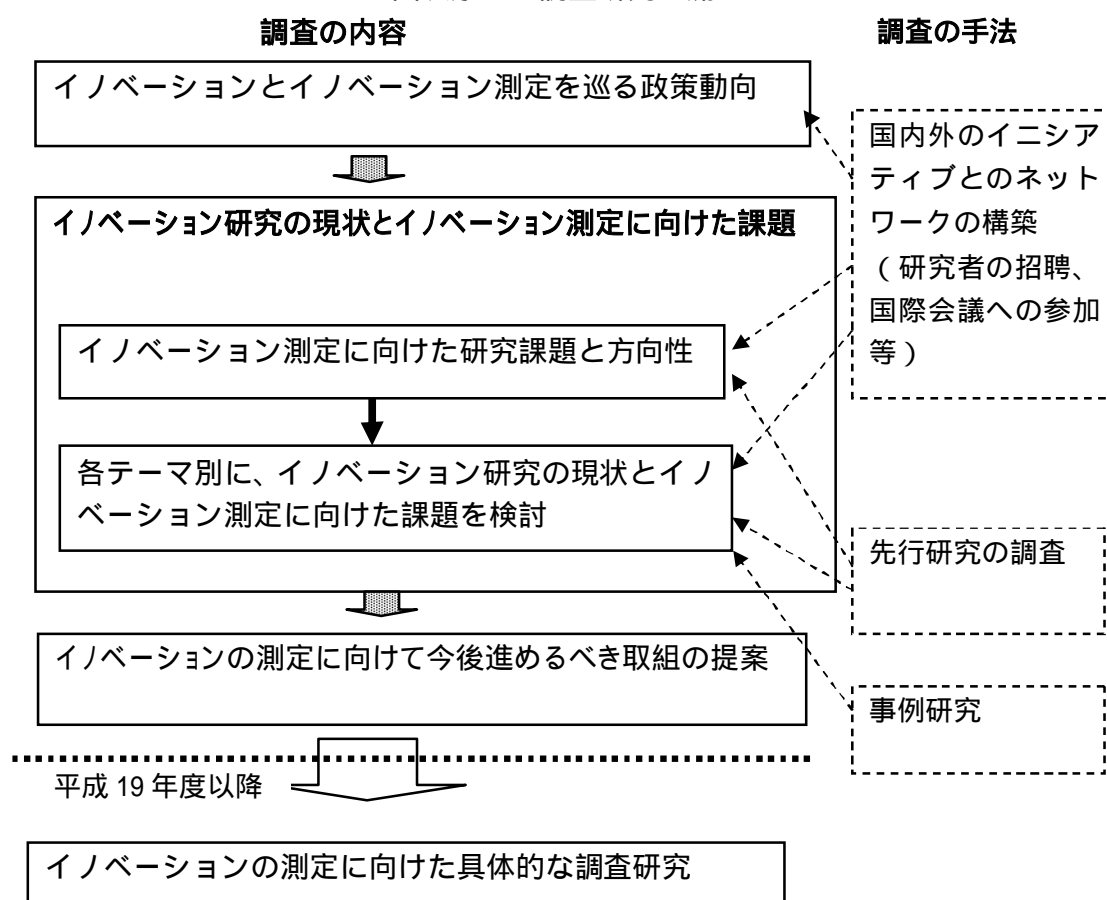
以上の背景を踏まえ、本調査においては、我が国においても科学技術研究がイノベーション創出を通じ社会にどのようなインパクトをもたらしたかについて測定・評価する手法を構築し、エビデンスに基づく科学技術政策やイノベーション政策を推進する基盤を構築することに貢献することを目的とする。このため、我が国における経済、統計、評価、科学技術等の各種専門家を結集した調査体制の確立を図るとともに、海外動向や先行研究等を調査検討し、我が国における今後のイノベーション計測に向けた調査研究の方向性のとりまとめを行い、平成 19 年度以降のイノベーション測定研究を提案する。

序．2 調査の内容と調査体制

(1) 調査の内容

本調査は、科学技術研究開発と密接に関連したイノベーションの測定に向けて、国内外の動向調査、先行研究のサーベイ、事例研究等を行い、平成 19 年度以降のイノベーション測定研究の取組を提案するものである。そのために、以下のように調査を実施した。

図表序.1 調査研究の流れ



(2) 推進委員会の設置

本調査の実施のため、科学技術政策研究所に本調査を分担するイノベーション研究の専門家、及びイノベーションに関連する知見を有した専門家・有識者等からなる委員で構成された「イノベーションの測定に向けた基礎的調査推進委員会」を設置した。推進委員会の委員及び開催状況は以下のとおりである。

「イノベーションの測定に向けた基礎的調査推進委員会」

< 敬称略、五十音順 >

(座長)

後藤 晃 東京大学 先端科学技術研究センター 教授

(委員)

浅見 康弘 科学技術振興機構 研究開発戦略センター 上席フェロー

伊地知寛博 一橋大学イノベーション 研究センター 助教授

科学技術政策研究所 第1研究グループ 客員研究官

大橋 弘 東京大学 大学院経済学研究科 助教授

科学技術政策研究所 第1研究グループ 客員研究官

小川 智也 理化学研究所 横浜研究所長

科学技術振興機構 研究開発戦略センター シニアフェロー

長我部信行 日立製作所 基礎研究所長

小田切宏之 一橋大学 経済学研究科 教授

科学技術政策研究所 第1研究グループ 客員研究官

榊原 清則 慶應義塾大学 総合政策学部 教授

調 麻佐志 東京農工大学 大学教育センター 助教授

鈴木 潤 芝浦工業大学 大学院工学マネジメント研究科 教授

科学技術政策研究所 第2研究グループ 客員研究官

角南 篤 政策研究大学院大学 助教授

科学技術政策研究所 第3調査研究グループ 客員研究官

富澤 宏之 科学技術政策研究所 科学技術基盤調査研究室 室長

中馬 宏之 一橋大学 イノベーション研究センター 教授

科学技術政策研究所 第1研究グループ 客員総括主任研究官

長岡 貞男 一橋大学 イノベーション研究センター長・教授

永田 晃也 九州大学 大学院経済学研究院産業マネジメント部門助教授

科学技術政策研究所 第2研究グループ 客員総括主任研究官

深尾 京司 一橋大学 経済研究所 教授

科学技術政策研究所 第1研究グループ 客員研究官

渡部 俊也 東京大学 国際産学・共同研究センター 副センター長・教授

(事務局)

國谷	実	科学技術政策研究所	所長
桑原	輝隆	科学技術政策研究所	総務研究官
渡邊	康正	科学技術政策研究所	第3調査研究グループ 総括上席研究官
三橋	浩志	科学技術政策研究所	第3調査研究グループ 上席研究官

「イノベーションの測定に向けた基礎的調査」推進委員会の開催状況

第1回：平成18年11月1日(水) 10:00～12:00

第2回：平成19年1月22日(月) 15:00～17:00

第3回：平成19年3月27日(火) 18:00～20:00

(3) 調査研究分担者

推進委員会の中から、国際会議への参加、先行研究の調査、事例調査等に参画可能な委員が「調査研究分担者」として検討、取りまとめを行った。また、その他共同研究者が調査研究分担者と共に報告書執筆に参画した。これらを通じ、我が国におけるイノベーション研究者の結集に努めた。

第1章 イノベーションとイノベーション計測をめぐる政策動向

近年のイノベーションの計測への政策的ニーズの高まりの背景には、グローバリゼーションの進展と BRICs など新興工業国の台頭、これに伴う米、欧、日をはじめとするイノベーション重視の政策的動向が挙げられる。本章においては、イノベーション政策の推進とこれを評価するニーズに基づくイノベーション計測への取組が特に進んでいる米、欧、日を中心に、イノベーションとイノベーション計測をめぐる政策動向について概観する。

1.1 イノベーション政策をめぐる国際的動向

1.1.1 米国の動向

(1) “Innovate America” (パルミサーノ・レポート)⁵

米国では、80年代、日本などとの競争を受け、産業競争力の強化を目指した「ヤングレポート」がまとめられ、民間組織として発足した「競争力協議会」(Council on Competitiveness:CoC)が競争力強化を目指して政府や議会への働きかけを行ってきた。「パルミサーノ・レポート」は、競争力協議会が、グローバリゼーションの下での米国の競争力の源をイノベーションに求め、アジアの新興工業国を初めとする国々との国際競争に勝ち抜くことをめざして2004年12月に発表したものである。CoCが産学官のトップ400名を組織し、2003年10月に発足したナショナル・イノベーション・イニシアティブ(NII)による15ヶ月にわたる議論を経て取りまとめられた。

同レポートではまず、米国の現状について、過去50年間の米国のGDP成長の半分はイノベーションによる生産性の向上によるものであるが、現在、世界が密接に結び付いた中で競争と協力を進めている米国は、21世紀の競争をアイデア・教育・市場での新たな価値を創出するイノベーションによってこそ勝ち抜ける、と分析している。また、米国は財政赤字の悪化に直面し、ベビーブーマーの引退等により状況はますます悪化する可能性があるが、対応策として貯蓄の増加と支出の抑制以上に経済成長が重要であり、その原動力はイノベーションであるとの認識を示している。

そして、21世紀のイノベーションは従来よりも複雑な、学際的なものであり、イノベーションには科学者、技術者、クリエイター、消費者の間の協力が不可欠である、しかし、イノベーションは1国の範囲には収まらない規模になっており、米国には次世代の知識、技術、ビジネスモデル、大胆な経営手法を生み出すイノベーションを個人や企業が主導していける環境作りが必要である、と述べている。

同時に、グローバリゼーションの進展に伴い、特に中国をはじめとするアジア諸国イノベーション新興国との競争などが深刻になっており、世界各地でのイノベーションの拡大に対抗して米国が競争に勝つためにはイノベーションのペースを上げていく

⁵Council on Competitiveness (2004) “Innovate America : Thriving in a World of Challenges and Change”

必要がある、このため、アメリカの課題はアメリカ社会をイノベーションに向けて最適化しながら直面する歴史的転換に対応していくことである、と述べている。

具体的には新たな形のイノベーションとして

- ・ 科学者と技術者、製造者と消費者の積極的な協力と相互作用によるイノベーション
- ・ 私有財および公共財としての知的財産の活用
- ・ 製造業とサービス業の融合
- ・ 個々の学術分野の高度な知識に基づく複合分野を中核とする研究プログラム
- ・ 公共部門と民間部門におけるイノベーションの融合
- ・ 小企業と大企業の連携
- ・ 安全保障とオープンな研究環境のバランス
- ・ 国家主義と国際化のバランス

を挙げている。さらに、現在のイノベーションは、投入した知識や市場の需要に加え政策環境や国家のインフラといった外的要因との相互作用により発生するものであるため、イノベーションの定義づけやパフォーマンスの把握を通じたイノベーションの発生の実際に関する理解に基づくイノベーション戦略作りの必要性を指摘している。

レポートはこれらの議論のうえに立って、イノベーションの人材、投資、基盤整備について具体的目標を明らかにしながら政策提言を行っている。

(2) 全米科学アカデミーレポート：“Rising Above the Gathering Storm”(強まる嵐を突破する)⁶

全米科学アカデミー (National Academy of Sciences : NAS) が、米国議会上院エネルギー・天然資源委員会の議員からの質問に対応して設けた「21世紀のグローバル経済における繁栄に関する委員会」が2005年10月に取りまとめた報告書で、Norman R Augustine 委員長 (元ロッキード・マーチン社会長) の名前を取って、「オーガスチン・レポート」とも呼ばれている。

米国以外の各国が国力を高めつつある一方で、米国の経済面での優位に重要な科学技術の基盤が徐々に蝕まれつつあることを懸念している。その上で、また、多国籍企業による拠点と雇用の世界的な配置を左右する要件を踏まえ、米国は、特に科学技術分野における知識基盤資源を最適化するとともに、産業の創造・再活性化や良質の雇用の創出がなされる環境を持続することにより他国と競争すべきとの認識を示し、K-12 理数教育の大幅改善、科学・工学研究投資の強化によるシーズ創出、最も良質な理学・工学高等教育による人材の育成、イノベーション促進政策、の4点について提言を行っている。

⁶ National Academy of Sciences(2005) “Rising Above The Gathering Storm: Energizing and Employing America for a Brighter Economic Future”

(3) 全米競争力イニシアティブ

“ Innovate America ” や “ Rising Above the Gathering Storm ” といった民間機関等を中心とする報告が相次いだ後、特に、後者の影響を受けてイノベーションに関する政策提言が盛り込まれたのが、2006 年 1 月に発表されたブッシュ米国大統領の一般教書演説⁷である。

2006 年 2 月にはこれを具体化した「全米競争力イニシアティブ：イノベーションで世界をリードする」が発表された⁸。ブッシュ政権による本イニシアティブは、米国の革新（イノベート）する能力は経済成長の大きな推進力の一つであるが、諸外国が経済を強化し、より技術的に進歩することに伴う新たな挑戦に直面しているとの認識の下、米国がこれまでのイノベーションと経済成長の成功に基づき科学技術において世界をリードし続けるためにとりまとめられたものである。具体的には、主要な政策として、

- ・ 最先端基礎研究への投資
- ・ 最先端大型研究施設・設備への投資
- ・ 中等教育における理数教育の充実
- ・ 理工系高等教育の充実
- ・ 21 世紀に必要とされる職業訓練の提供
- ・ 優秀な頭脳を米国に集める移民政策
- ・ 民間研究開発投資の促進
- ・ 知的財産保護制度の改善
- ・ 起業を促進するビジネス環境の充実

を挙げ、

- ・ 研究に基づく数学教育実施のための 300 のグラント
- ・ 1 万人以上の科学者、理系学生、ポスドク、技術者へのイノベーション参画機会の提供
- ・ 2015 年までに優秀な理科・数学教員を 10 万人に
- ・ 飛び級テストに合格する低所得層の学生数を 70 万人に
- ・ 21 世紀に必要とされる職業スキル身につけた労働者を 80 万人に

といった目標を示している。また、このため、2007 会計年度における 59 億ドルに上る研究開発投資や促進税制などイニシアティブ関連予算の拡充、10 年間で 500 億ドルの研究開発予算増額と 860 億ドル相当の研究開発促進税制を公約している。

⁷ “ 2006 State of the Union Address by the President ” (January 31, 2006)

⁸ Domestic Policy Council Office of Science and Technology Policy(2006) “ American Competitiveness Initiative: Leading the World in Innovation ”

(4) “ The Innovation Agenda ” (民主党)

他方、2006 年の米国中間選挙の結果上下両院で過半数を制した民主党も 11 月 15 日にペロシ下院議長が “ The Innovation Agenda ” と題した政策を発表した⁹。

この “ The Innovation Agenda ” においても技術進歩とイノベーションにおける米国の世界的なリーダーシップは他国からの重大な競争にさらされているとの認識に立ち、米国のリーダーシップは、人材育成、連邦による研究開発の推進と世界で最も競争力がありイノベティブな国たらしとするコミットメントによりもたらされる、米国はイノベーションにより国内の雇用とより良い未来をもたらす新たな成長産業を再び創出しなければならない、としている。取り組むべき政策としては、

- ・ 科学、数学、工学、情報技術分野での労働人材 10 万人の今後 4 年間における創出
- ・ 連邦政府による研究開発投資の倍増、研究 COE の創出
- ・ 全米国民のブロードバンドへの安価なアクセスの今後 5 年以内での提供 : 「ユニバーサル・ブロードバンド」
- ・ 今後 10 年以内でのエネルギー自給の達成
- ・ 技術革新を担う中小企業の支援環境の創造、知的財産の保護

を挙げている。

このように、イノベーションの促進による競争力の強化は、米国においては共和・民主両陣営を通じた流れとなっている。

1 . 1 . 2 欧州の動向

(1) リスボン戦略¹⁰、新リスボン戦略¹¹

2000 年 3 月、欧州各国首脳は、EU は他の地域と同様にグローバリゼーションと新たな知識経済をもたらす「パラダイム・シフト」に直面しており、新たな知識基盤社会をもたらす利益を享受するため欧州の政策を再構築する必要がある、しかし、欧州経済は、主要な競争相手に比べてダイナミックではないという問題点を有している、という認識の下、包括的でダイナミックな知識基盤経済を構築し、持続的な経済成長の加速、完全雇用と社会的連帯を実現するため、10 年間に及ぶ経済戦略(「リスボン戦略」)を策定した。この「リスボン戦略」は、知識社会に向けた経済改革の遂行と人材への投資による欧州型社会モデルの強化という政策の二本柱の下に、

- ・ e -ヨーロッパ : 万人のための情報社会
- ・ 欧州市場の改革

⁹The House Democrats' Nancy Pelosi (2005) “ The Innovation Agenda: A Commitment to Competitiveness to Keep America #1 ”

¹⁰European Council(2003) “ Lisbon European Council (Lisbon Strategy) ”

¹¹European Council(2003) “ A new start for the Lisbon Strategy ”

- ・ 欧州金融マーケットの完全統合
- ・ 起業・イノベーション環境の改善
- ・ 研究面での欧州研究圏の構築

の6分野を優先分野として掲げていた。

しかしながら、その実施の遅れから、EUでは戦略の焦点を「より強力かつ持続的な成長」と「より良い、より多くの雇用の創出」に絞って見直した具体的なアクションプログラム「新リスボン戦略」を2005年にとりまとめ、発表した。アクションプログラムは大きく、「投資とビジネスに、より魅力的な欧州（統一市場の完成）」、「成長のための知識とイノベーション」、「より良くより多くの雇用の創出」の柱から構成されている。このうち、「成長のための知識とイノベーション」においては、

- ・ IT、バイオテクノロジー、エコ・イノベーションといった分野を中心とした知識社会のビジョンの実現
- ・ 官民における研究開発投資の増大、新しい研究フレームワークプログラム及び競争力とイノベーションに関する新プログラムの早期策定
- ・ 欧州の中小企業を中心とした研究とイノベーションの支援
- ・ 欧州高等教育圏の実現による世界トップクラスの大学の実現、欧州工科大学の創設
- ・ 基礎研究を製品に結び付けるイノベーションの極の形成
- ・ エコ・イノベーションの推進
- ・ 「ガリレオ計画」の経験を踏まえた欧州テクノロジーイニシアティブによる産学官連携の推進

といった政策が挙げられている。

（２）“Creating an Innovative Europe”（通称：Ahoレポート）¹²

“Creating an Innovative Europe”は、2005年のEUハンブトンコートサミットにおいて、新リスボン戦略に基づくEU各国によるイノベーション関連施策の実施の加速方策のとりまとめが求められたことを受け、フィンランドのEsko Aho前首相を議長とする独立専門家グループにより、2006年1月に取りまとめられたものである。本報告では、欧州の政治、ビジネス、社会リーダーによる“Innovative Europe”実現に向けた強い意志とコミットメント、研究とイノベーションに向けた抜本的な対策が必要であるとし、現在の新リスボン戦略を補うものとして、イノベティブな製品・サービスを受け入れる市場、研究開発や産学連携への投資の3倍増、人材・金融・組織と知識といった構造的流動性の向上、の3点における同時的、同期的取組の推進を提言し、欧州的価値を残しつつも新たな社会構造を実現するパラダイム転換を求めている。

¹² Independent Expert Group on R&D and Innovation (2006) “Creating an Innovative Europe”

(3) 第 7 次フレームワークプログラム (FP7)¹³と競争力・イノベーション・フレームワークプログラム (CIPF)¹⁴

リスボン戦略・新リスボン戦略では、欧州に最もダイナミックで競争力のある知識基盤経済を構築することを目指しているが、その目標達成に向けた取組の中核となるのが、研究・教育・イノベーションからなる「知識のトライアングル」である。

2007 年～2013 年にかけての第 7 次フレームワークプログラム (FP7) は EU における研究に関する取組をカバーし、後述の競争力・イノベーション・フレームワークプログラム (CIPF) 等の取組とともに経済成長、競争力、雇用に関する目標達成に不可欠な役割を果たすものとされている。FP7 は 7 年間に 532 億ユーロの規模となっており、FP6 に比べて研究開発投資額が急拡大したのみならず、キーテクノロジー分野に焦点を当てた産学官による共同研究開発プログラム (324 億ユーロ)、研究基盤の開発、充実に中小企業の研究開発、地域クラスター支援などを含む “ Capacities ” プログラム (42 億ユーロ) といったイノベーション関連の特徴的なプログラムが設けられている。

FP7 を補完する競争力・イノベーション・フレームワークプログラム (CIPF) は 2007 年に初めて設けられたフレームワークプログラムであり、中小企業のニーズに特に配慮し、環境の保護と質の向上を図りつつ強力な成長に基づき持続的に発展する先進知識社会としての EU の競争力とイノベーションに貢献するプログラムとして設けられている。CIPF は FP7 でカバーされている研究や技術開発はカバーせず、「研究とイノベーションのギャップ」を結び付け、あらゆる形態のイノベーションを促進するものとされており、主に、

- ・ 起業とイノベーションプログラム
- ・ 情報通信技術政策支援プログラム
- ・ エネルギー効率の向上と再生可能エネルギーを推進する「インテリジェント エネルギー ヨーロッパプログラム」

といった取組からなる 36 億規模のプログラムである。

1 . 1 . 3 我が国における科学技術基本計画と科学技術イノベーションに向けた取組

(1) 科学技術基本計画とイノベーション

我が国においては、21 世紀に向けて科学技術創造立国を目指し科学技術を強力に振興していくための科学技術基本法が 1995 年に制定され、同法に基づく科学技術基本計画がこれまで 3 期にわたり制定され、科学技術施策の推進が図られてきた。

これらの基本計画のうち、2001 年に策定された第 2 期科学技術基本計画¹⁵において

¹³ “ Seventh Framework Programme (FP7) ”

¹⁴ “ Competitiveness and Innovation Framework Programme(CIPF) ”

¹⁵ 『科学技術基本計画』(2001 年 3 月 30 日閣議決定)

は、21 世紀を「知を基盤とした人類社会になる」と予想しつつ、我が国は経済のグローバル化と国際競争の激化の中で、産業競争力の低下と雇用創出力の停滞といった課題を抱え少子高齢化に直面しており、国民生活の安定的な発展のためには、絶えざる技術革新による生産性が高く国際競争力を有する産業の育成と経済活力の回復が必要であるとの認識が示されている。このため、同計画では科学技術の成果の活用により技術の創造から市場展開までの間で絶え間なく技術革新が起きる環境を創成し、産業競争力の強化を図り、「国際競争力があり持続的発展ができる国の実現」を目指すとしている。具体的には、産業競争力の強化といった経済的效果も念頭に置いて研究開発の重点化を図るとともに、「産業競争力の強化と産学官連携の仕組みの改革」を中心にイノベーションの持続的創出を目指した技術革新システムの構築を図っている。

イノベーション創出に向けた取組は、2006 年に策定された第 3 期科学技術基本計画¹⁶において、一層鮮明なものとなる。第 3 期科学技術基本計画では、第 1 期・第 2 期科学技術基本計画下での投資の蓄積を活用し社会的経済的要請に応えるため、また、5 年間の政府研究開発投資の総額として 25 兆円規模が必要であることから、社会・国民に支持され、成果を還元する科学技術を目指した説明責任と戦略性の一層の強化が求められているとの認識を明確にしている。そして、イノベーションの創出に向けた戦略的投資と投資がもたらす成果の社会への還元に向けたシステム改革を戦略の基本の一つとして位置けている。これを受けて、目指すべき我が国の姿として、国際競争力があり持続的発展ができる国の実現、すなわち、科学技術により国力の源泉を創ることを挙げ、環境と経済の両立と、イノベーター日本＝革新を続ける強靱な経済・社会の実現を科学技術政策の六大目標の一つとしている。そして、科学技術の戦略的重点化に際してもイノベーションへの貢献を考慮するとともに、競争的環境の醸成、大学の競争力強化、イノベーション創出を狙った研究費制度の整備、先端的融合領域研究拠点の形成、産学官連携の深化・発展、起業活動の振興、地域イノベーション・システムの構築など、イノベーションの絶えざる創出に向けたシステム改革を謳っている。

（２）イノベーション創出総合戦略

第 3 期科学技術基本計画が策定された後、総合科学技術会議は「イノベーション創出総合戦略」を 2006 年 6 月にとりまとめた。本戦略では、

- ・ 基礎研究の多様性と継続性の確保や世界トップレベルの研究拠点の構築によるイノベーションの源の潤沢化、
- ・ 産学官連携、地域イノベーション、切れ目の無い資金提供や重点戦略科学技術の集中的推進によるイノベーションを種から実へ育てる仕組みの強化、
- ・ 新技術の利用促進、国際標準化などの出口政策、ベンチャー起業、民間研究開発などの強化といったイノベーションを結実させる政策の強化
- ・ イノベーション創出に向けた制度改革の推進
- ・ イノベーションを担う人材の強化

といった政策を掲げている。

¹⁶ 『科学技術基本計画』（2006 年 3 月 28 日閣議決定）

(3) イノベーション 25

2006 年 9 月発足した安倍内閣では、イノベーション担当大臣が新設されるとともに、日本社会に新たな活力をもたらし成長に貢献するイノベーションの創造に向け、2025 年までを視野に入れた長期の戦略指針「イノベーション 25」¹⁷が策定されることとなった。2007 年 2 月 26 日には中間とりまとめとして、イノベーションにより達成すべき 2025 年の社会像が報告された。生涯健康な社会、安全・安心な社会、多様な人生を送れる社会、世界的課題解決に貢献する社会、世界に開かれた社会といった、21 世紀の世界のモデルとなる日本像が示されるとともに、イノベーション推進の基本戦略として、

- ・ 「科学技術イノベーション」 「社会イノベーション」 「人材イノベーション」の一体的推進
- ・ 国民一人一人の意識改革
- ・ 「オープン」で「ユニバーサル」なシステムの構築
- ・ 「日本と世界の生活者の視点」に立脚した戦略づくり

が挙げられた。さらに、早急に政策を具体化すべき課題として、

- ・ 環境を経済成長と国際貢献のエンジンとして取り組むこと
- ・ 若者への投資や IT 利用拡大に向けた取組などの次世代投資の倍増
- ・ 大学改革
- ・ 20 年後のイノベーション開花に向けた科学技術投資の抜本的拡充
- ・ イノベーション創出・促進に向けた各種規制・制度・ルールの見直し
- ・ 「イノベーション立国」に向けた推進体制の整備

が挙げられた。

今後はさらに、イノベーションを実現する戦略的な政策のロードマップの作成が進められ、2006 年 5 月末を目途に最終報告が取りまとめられる予定である。

1 . 2 イノベーション計測をめぐる政策動向

1 . 2 . 1 米国の動向

米国では全米科学財団 (NSF) が 1950 年の設立直後から科学技術関係の統計調査を実施し、全米科学会議 (NSB) が “ Science Indicators (SI) ” を刊行している。SI は 1987 年から “ Science and Engineering Indicators ” に名称を変更したが、現在に至るまで、隔年で刊行されている。このほか、NSF 科学・行動・経済局 (SBE) の科学資源統計課 (Division of Science Resources Statistics: SRS) では “ Science and Engineering Statistics ” として、産業界の研究開発活動を調査した “ Industrial

¹⁷イノベーション 25 戦略会議 (2007)『イノベーション 25 中間とりまとめ～未来をつくる、無限の可能性への挑戦～』

Research and Development Information System (IRIS)」、科学技術系人材に関する “Scientists and Engineers Statistical Data System (SESTAT)」、多国籍企業に関するデータ “Linking Multinational Corporations Data from International Investment Surveys and Industrial R&D Surveys” などを提供している。

また、政府の統計以外に、Levin, Klevorick, Nelson, and Winter が 1987 年に米国企業のイノベーションに関する調査 (Yale Survey) を実施した実績を有している。後にこの調査から Cohen 他による “Yale survey (イエール・サーベイ)” あるいは “CMU survey (カーネギーメロン大学サーベイ)” と呼ばれる調査 (1994 年) や EU による “Community Innovation Survey (CIS)” をはじめとする各国でのイノベーション調査が発展した。

このように、科学技術指標への取組では世界をリードしてきた米国であるが、マーバーガー科学担当大統領補佐官は 2005 年 4 月に米国ワシントンで開催された AAAS の科学技術政策フォーラムで、近年の米国の科学予算が「第二の黄金期」ともいうべき伸びを示している一方で科学技術政策の政策決定ツールが不十分であるとの認識を示し、「科学政策のための科学 (Science of Science Policy)」と「エビデンスに基づく科学政策」の推進を提唱した¹⁸。マーバーガー補佐官は、例えば、歴史的に見て大規模な科学技術投資が適切で十分なものかどうか？米国の科学技術の強みを踏まえたものであるのか？といった政策判断に当たっても、これまでの判断材料は、単純な過去のトレンドの外挿がせいぜいであって、科学の専門家によって作成された科学政策のための情報の多くは社会科学の知識に基づく適切なデータ収集、計量経済モデルによる分析に欠けるきらいがあると指摘した。そして、新たな「科学政策のための社会科学」分野を速やかに確立・成長し、技術に基づく今日のグローバル社会の途方もなく複雑な動態を明らかにする基盤を構築する必要がある、このため、新たな学際的な定量的科学政策研究により、技術人材の動態と人材政策の効果のモデル化や、グローバリゼーション、情報科学の進展の影響といった新たな現象を踏まえた政策のモデル化、フレームワーク作りから取り組む必要がある、と提案した。

マーバーガー補佐官の提案を受け、具体的な研究プログラムとして進められているのが NSF による「科学・イノベーション政策のための科学 (Science of Science and Innovation Policy: Sci SIP)」プログラムである¹⁹。

本プログラムは、エビデンスに基づく科学政策の基盤となる知識と理論の開発、科学計量、データベース、分析ツールの開発と拡充、Sci SIP に焦点をあてた連邦機関や関連研究者のコミュニティの構築の 3 点を目標としている。取り組む内容としては、Sci SIP に向けた研究として

- ・ 科学的発見と技術イノベーションの関係の理論的・概念的モデル化
- ・ 科学技術への投資の効果の計量経済的評価ツールの開発
- ・ ケース・スタディ、国別比較等定性的評価ツールの開発
- ・ 計量書誌学的分析ツールの開発

¹⁸ 「第30回AAAS科学技術政策フォーラム」における基調講演 (2005年4月)

¹⁹ 参考資料 1 の NSF ライトフット局長講演「科学政策のための科学：米国 NSF のイニシアティブ」を参照

を科学研究やイノベーションの多様な段階に応じて学際的・国際的アプローチにより進めるとしている。エビデンスに基づく Sci SIP や科学技術政策の基盤となるデータについては、

- ・ 研究開発・イノベーションに関するミクロ/サブミクロデータ（企業単位、事業単位以下）
- ・ 研究開発資金源とイノベーション活動に関するデータ
- ・ 科学技術・イノベーション関連人材データ
- ・ 知的資産の推計
- ・ 科学・技術とイノベーション活動の幅広い社会的効果に関するデータ

の開発を行うとともに、これらに最新の情報科学技術を組み合わせて知識フローやストックデータのマッピングと可視化を進めるとしている。また、データマイニングなど最新の情報科学の手法とスーパーコンピュータを組み合わせデータ収集・モデル化解析基盤を構築するとともに、多くの分野の研究者を結集させた取組（機関を超えた研究者の結集によるバーチャルな研究組織の構築を NSF では Collaboratories と呼んでいる）を進めるとしていることが特徴的である。NSF では、これらにより、短期的には

- ・ 新たな調査、データ・指標の収集、国際比較
- ・ 新たなモデル、データ収集解析手法の開発
- ・ サイバー・ツールによる新たな世界的連関の調査

を、中期的には、

- ・ 研究開発投資、科学的発見からイノベーション、社会的効果に至るプロセスの認知科学的手法も活用した解明
- ・ サイバー・ツールを使った、研究開発投資判断のための新たな計量モデルの開発
- ・ 科学技術分野・活動別モデルの開発

を、長期的には

- ・ エビデンスに基づく科学技術活動のインパクトの理解・評価
- ・ 科学技術系人材の能力のより一層の向上と活用

を目指すとしている。これらのため、NSF は、2007 会計年度は 680 万ドルの予算を要求しており、2008 会計年度にはさらに 449 万ドルを増額した 1,129 万ドルの予算を要求するとしている²⁰。

Sci SIP のフレームワーク作りに向けてはすでにいくつかのワークショップが開催されている。その一つとして NSF により 2006 年 6 月に米国ワシントンで開催されたワークショップ「イノベーション測定の前進に向けて（Advancing Measures of Innovation）」では、どのような指標が最も喫緊に必要か、また、直ちに利用可能か、

それらの重要指標を得るためにはどのような統計や調査研究が適切か、が議論された。2 日間にわたるワークショップを通じて、公共政策の観点からはイノベーションの波及効果を明らかにする研究が重要であること、複雑かつリニアではないイノベーションの各段階でおきていることをより明らかにすることが重要であり、産業レ

²⁰ NSF (2007) “FY 2008 Budget Request to Congress”

ベル、企業レベル、政府と民間のパートナーシップといったよりミクロなレベルでのデータを必要としていること、このため、インプット/アウトプット/アウトカムに関する継続的な研究の推進が必要であり、さまざまな研究アプローチを併行して補完的に進めることが生産的であること、しかし、データの不完全さ、既存データの未活用、既存データ間の接続や統合的利用の不完全さがイノベーション研究の制約となっていることなどが指摘された²¹。

ワークショップで話題となったデータの統合に向けては、米国では NSF、統計局（Census Bureau）、経済分析局（BEA）による多国籍企業の研究開発に関するデータと国内企業の研究開発に関するデータ、特許データ等の統合により国内外の研究開発の関係を明らかにする方法論のフィージビリティ・スタディが行われ、より幅広いデータ統合に向けての取組が開始されるといった進展が見られる。

また、米国の国民経済計算における研究開発ストックの効果についても NSF の支援により BEA が研究を行ってきたところであり、2006 年 9 月に発表された予備的な分析結果によれば、米国の研究開発投資は 1959 年から 2002 年の間で 4.5% の実質 GDP 成長を、特に 1995 年から 2002 年の間では 6.5% の実質 GDP 成長をもたらしており、民間設備投資が 1959 年から 2002 年の間に 2% 強の実質 GDP 成長しかもたらさなかったことと対照的であるとされている²²。

さらに、米国商務省においても、米国経済の活性化への重要性に鑑み、イノベーションが経済成長と生産性の向上にもたらした効果の把握が重要であるとの認識から、2006 年 8 月にはグティエレス商務長官自らが産学のリーダーからなるイノベーション計測に関するパネルを設置することを明らかにした。パルミサーノ・レポートを取りまとめたことで知られる IBM のパルミサーノ CEO、マイクロソフトのパルマー CEO、3M のバックレー会長をはじめとする 15 名からなるパネルは 2007 年 2 月に初会合を開催し、イノベーションはいかに生じるか、イノベーションはいかに計測できるか、既存の政府統計にどのようなものがあるか、などの議論を行った。

1.2.2 OECD の動向

経済協力開発機構（OECD）は、前身の OEEC の時代から積極的に科学技術指標の策定に取り組んでいる。1963 年には科学技術指標の開発に不可欠な統計調査方法や概念の定義のための「フラスカティ・マニュアル」が公表され、特許、人材、技術貿易、また近年では分野別の科学技術活動などに関する統計調査の国際的な指標の指針作りを進めている。また、企業を中心としたイノベーション活動に関する国際比較可能な統計データの収集・解釈のため「オスロ・マニュアル」を 1992 年に公表しており、これに基づき欧州においては「欧州イノベーション調査（Community Innovation Survey:CIS）」が既に 4 回、また、我が国をはじめ他の国・地域においてもイノベーシ

²¹ NSF(2007) “Advancing Measures of Innovation Knowledge Flows, Business Metrics, and Measurement Strategies 6-7 June 2006 Workshop Report”

²² BEA/NSF (2006) “R&D SATELLITE ACCOUNT:PRELIMINARY ESTIMATES”

ョン調査が実施されており、国際比較などが開始されようとしている。

OECD による指標レポートとしては、研究費・研究開発投資や研究人材、特許、技術貿易などについて年 2 回公表される“Main Science and Technology Indicators”が挙げられるほか、関連指標に基づき科学技術、イノベーションの政策の動向をとりまとめた“OECD Science, Technology and Industry Outlook”(隔年・偶数年)と各国の科学技術・イノベーションのより包括的な状況を取りまとめた“OECD Science and Technology and Industry Scoreboard”(隔年・奇数年)が挙げられる。

これら科学技術指標関係の議論は OECD の科学技術政策委員会(CSTP)の下で進められており、例えば、傘下の Global Science Forum(GSF)の会合や科学技術指標専門家会合(NESTI)の Blue Sky²³といった会合において、イノベーションの計量とエビデンスに基づく科学技術・イノベーション政策の確立に向けた政策決定者と科学技術政策担当者の対話といった取組がなされている。これらを通じて、イノベーションの多様な側面への関心が広がり、参加者間で共有されるとともに、実際のイノベーション・プロセスに則したミクロなイノベーションデータや異なるデータ間の接続の重要性が認識され、定量的な新しい科学技術指標に向けた議論が進展した。

また、CSTP 傘下のイノベーション・技術政策 WG(TIP)では、これまで、各国のイノベーション政策のレビュー、民間のイノベーション事例の報告、ナショナル・イノベーション・システムに関する国別ケース・スタディが行われてきた。しかし、近年では、以下のようなイノベーション研究における新たな視点や課題を取り上げることとも増えている。例えば、

- ・ 従来のリニアモデルに基づくイノベーション研究やナショナル・イノベーション・システム・モデルに基づく研究に対し、多様な側面を有するイノベーション・システムを国家がどう統治するか、というイノベーション・システムのガバナンスに関する比較研究。
- ・ 政府の研究開発投資行動が、企業における研究開発行動や研究開発の方向性に追加的にどのような影響を与えるかという「行動追加性」に関する研究の提唱。
- ・ 国家レベルでのイノベーション・システムのケース・スタディから踏み込んだミクロあるいはサブミクロレベル(企業あるいは事業単位)でのイノベーションの動態の定量的把握と評価への関心の高まり。

などが挙げられる。

さらに、CSTP 傘下の NESTI と産業・企業環境委員会(CIBE)傘下の産業・企業環境委員会統計ワーキング・パーティ(SWIC)では合同で「イノベーション・ミクロデータ・プロジェクト」を立ち上げ、企業等ミクロレベルでのイノベーション指標の整備とミクロ計量経済モデルによる分析への本格的取組を始めることとなり、2006 年 11 月にその初回会合が開催された。

²³ 参考資料 「Blue Sky 出張報告」参照

1.2.3 欧州の動向

(1) 「欧州イノベーション・スコアボード」を中心としたイノベーションの評価

EU では、リスボン戦略に対応し、EU 及び各加盟国におけるイノベーションのパフォーマンスを評価し、国際比較するため、2001 年から毎年「欧州イノベーション・スコアボード (European Innovation Scoreboard: EIS)」をとりまとめ公表している。EIS においては、

- ・ イノベーションの推進力指標 (科学技術人材、高等教育修了人材、ブロードバンド普及率)
- ・ 知識創造指標 (公的研究開発投資、企業の研究開発投資、先端技術等の研究開発割合、公的支援を受けている企業割合)
- ・ イノベーション及びアントレプレナーシップ指標 (イノベーションを行う中小企業割合、イノベティブな中小企業における他社との協力割合、イノベーション支出の売上高比、アーリーステージベンチャーキャピタル、情報通信支出、組織的イノベーションを活用している中小企業割合)
- ・ アウトプット・応用指標 (ハイテクサービスの雇用、製品輸出におけるハイテク製品の割合、新製品の売り上げ比、企業にとっての新製品売り上げ比、先端技術等の雇用割合)
- ・ 知的財産指標 (人口当たり欧州特許数、人口当たり米国特許数、人口当たり日米欧三極特許数、人口当たり新商標数、人口当たり新意匠数)

の 5 指標を合成してイノベーション指標を作成している。EU では、EIS を基礎に、リスボン戦略・新リスボン戦略に基づく加盟国等のイノベーションの進捗を評価する「欧州イノベーション進捗報告」が毎年作成されているほか、「グローバル・イノベーション・スコアボード」、「欧州地域イノベーション・スコアボード」、「イノベーションに関する欧州トレンドチャート」、「研究開発のパフォーマンスとイノベーション」、ハイテク産業、知識基盤サービス、特許、科学技術人材などについてとりまとめた「欧州における科学技術とイノベーション」などが刊行されている。

(2) 欧州イノベーション調査 (Community Innovation Survey: CIS)

欧州における特徴的なイノベーション指標として、「欧州 (共同体) イノベーション調査 (Community Innovation Survey: CIS)」が挙げられる。イノベーション調査は米国の動向で触れた Yale Survey (1987) に由来するが、EU では 1992 年以来、約 4 年ごとに CIS2 (1996 年)、CIS3 (2001 年)、CIS4 (2005 年) が実施されてきた。現在、CIS はリスボン・新リスボン戦略に基づくイノベーション指標の柱として定着している。

(3) EU KLEMS プロジェクト

EU KLEMS プロジェクト²⁴は、OECD 等とも連携しつつ、経済成長、生産性、雇用創出、資本や技術変化に関する産業レベルデータを全 EU 加盟国について 1970 年から蓄積するものである。リスボン・新リスボン戦略の目標達成度の評価、さらには、生産性の計測や知的資本の評価や国際的比較性の向上を視野に入れている。プロジェクトは産業間勘定、労働勘定、資本フロー勘定など 11 の作業パッケージに分かれており、技術進歩とイノベーションなども取り扱われている。

1 . 2 . 4 我が国の動向

我が国においては、1953 年（昭和 28 年）より、現在の総務省統計局が、科学技術に関する研究活動の状況を調査し科学技術の振興に必要な基礎資料を得ることを目的に「科学技術研究調査」（統計法に基づく指定統計調査）行っており、研究費、研究関係従業者、技術貿易についての統計調査が続けられてきている。

1991 年からは、科学技術政策研究所がおよそ 3 年ごとに、我が国の科学技術活動を多面的・体系的に定量化することを目指した「（体系）科学技術指標」を取りまとめており、最先端の科学技術の知識の生産、移転・伝播、活用の重要性が社会において増大しつつあることを踏まえたデータの体系的収集・分析を行っている。

こうした科学技術関連指標の整備と、これまでの科学技術政策研究の蓄積にたって、2003 年度（平成 15 年度）～2004 年度（平成 16 年度）にかけて科学技術振興調整費により「基本計画の達成効果の評価のための調査」（レビュー調査）が以下のサブテーマにわたり実施された。

基本計画期間中の政府研究開発投資の内容分析

基本計画において定量目標の明示された施策の達成状況

科学技術関係人材育成関連プログラムの達成状況及び問題点

産学官連携・地域イノベーション振興関連施策の達成効果及び問題点

科学技術研究のアウトプット（論文・特許）の定量的・定性的評価

科学技術振興による経済・社会・国民生活への寄与の定性的評価・分析

基本計画の成果の内容分析

主要国における施策動向調査及び達成効果に係る国際比較分析

同レビュー調査は、多様な観点からデータを収集・分析し、科学技術基本計画や我が国の科学技術の現状を政府自らが評価しようとした初の取組であり、画期的なものであったといえる。さらに、近年のイノベーション創出政策の強調と創出効果の測定・評価へのニーズの高まりを踏まえれば、科学的アウトプットである論文と技術的アウトプット指標である特許の関係（リンケージ）の分析を一層進め、具体的なイノベーションのプロセスに則した解釈を目指す、あるいは研究開発ファンディングをはじめ

²⁴ KLEMS は、資本、労働、エネルギー、中間財の投入、サービスを表現

めとする科学技術政策との関係を分析し科学技術政策の効果や評価の定量化を試みる
こと、 科学技術のインパクトの定量的かつ比較可能な把握の方法論の確立、 技術
がインパクトをもたらすまでの関係主体間の相互作用の構造と動態とそこでの公的研究
開発や支援の効果の把握などが今後、引き続いて取り組むべき課題であると言えよ
う。

このように科学技術活動が技術やイノベーション、さらには社会・経済に与えたイ
ンパクトの定量的把握は我が国においても引き続き取り組むべき課題であると考えら
れ、これは 1.2 ですでに述べたイノベーション関連政策の効果の定量的な把握とエビ
デンスに基づく科学技術・イノベーション政策の必要性が国際的に強く認識されるよ
うになっていることと機を一にしている。これらを背景に、総合科学技術会議が 2006
年（平成 18 年）5 月にとりまとめた「イノベーション創出総合戦略、4. イノベーショ
ン創出に向けた制度改革の推進」において「イノベーション創出効果の測定・評価手
法の構築による、政策の一層の強化・充実」が提唱され、平成 18 年度科学技術振興調
整費によりイノベーション測定・評価の体制構築、フィージビリティ・スタディとして
の本基礎的調査が実施されたところである。

参考文献

総合科学技術会議（2006）『イノベーション創出総合戦略』

Council on Competitiveness. CoC(2004) “ Innovate America : Thriving in a World of
Challenges and Change ”

National Academy of Sciences. NAS (2005) “ Rising Above the Gathering Storm -
Energizing and Employing America for a Brighter Economic Future - ”

“ 2006 State of the Union Address by the President ” (January 31, 2006)

Domestic Policy Council, Office of Science and Technology Policy(2006) “ American
Competitiveness Initiative ”

The House Democrats' Nancy Pelosi(2005) “ The Innovation Agenda: A Commitment to
Competitiveness to Keep America #1 ”

European Council(2003) “ Lisbon European Council (Lisbon Strategy) ”

European Council(2006) “ A new start for the Lisbon Strategy ”

Independent Expert Group on R&D and Innovation (2006) “ Creating an Innovative
Europe ”

European Council (2006) “ Seventh Framework Programme (FP7) ”

European Council (2005) “ Competitiveness and Innovation Framework Programme (CIFP) ”

内閣府(2001) 『第2期科学技術基本計画』(平成13年3月30日閣議決定)

内閣府(2006) 『第3期科学技術基本計画』(平成18年3月28日閣議決定)

イノベーション25戦略会議(2007)『イノベーション25 中間とりまとめ～未来をつくる、無限の可能性への挑戦～』

NSF(2007) “ FY 2008 Budget Request to Congress ”

NSF(2007) “ Advancing Measures of Innovation Knowledge Flows, Business Metrics, and Measurement Strategies 6-7 June 2006 Workshop Report ”

BEA/NSF(2006) “ R&D Satellite Account:Preliminary Estimates ”

第2章 イノベーション研究の現状とイノベーション計測に向けた課題と方向性

第1章では、国内外におけるイノベーションに関する近年の政策動向とそれらの推進のためにエビデンスへのニーズが増大しイノベーション測定の重要性が高まっている状況を概観した。

第2章では、イノベーションの測定に向けた方向性を明らかにするとともに、関連イノベーション研究の現状と今後の課題や方向性をレビューする。

2.1 イノベーションの測定に向けた方向性と本調査の進め方

2.1.1 イノベーションの測定に向けた方向性

第1章で概観したように、欧米や我が国において科学技術を基盤としたイノベーション創出と競争力強化への取組が推進されるとともに、科学技術がイノベーションに与えた効果・影響や企業におけるイノベーション活動を測定・評価しエビデンスに基づいた政策の効果的な立案・推進を図ることの重要性が国際的に増している。特に、基本的には国といったマクロレベルの指標の集まりである従来の科学技術関連の指標の分析から踏み込んで、イノベーションのプロセスの理解に基づいたプロジェクトレベル、企業レベル、事業レベルといったミクロ/サブミクロレベルでのイノベーション創出の効果、影響等の定量的な測定・評価が必要であるとの認識が高まっている。

しかしながら、科学技術に基づくイノベーション（科学技術イノベーション）は企業内でのイノベーションに比べ、以下のように多様な要因が関係した複雑な長期にわたる確率的な過程であるという特徴を有している。

- ・企業に加え、大学、公的研究機関、政府をはじめ多様なアクターが関与している。
- ・科学研究、技術開発、事業化、社会における便益の享受等多くの段階からなっている。
- ・これらの段階で知識が直接・間接に移転あるいは共有され、共同作業により形を変えながら最終的には新たな製造プロセス・製品・サービスにつながっていく過程である。
- ・知識の創出から便益の享受まで科学・技術面以外の経営判断や市場ニーズ・動向等の多様な要因にも左右されながら確率的に展開していく長期間（10年以上）に亘る過程である。

このため、科学技術イノベーションの測定・評価手法の構築に際しては、マクロ指標を中心とした科学技術指標による科学技術政策の測定・分析・評価手法を単にミクロ/サブミクロレベルにスケールダウンするのではなく、

ケース・スタディ等による科学技術イノベーションのプロセスのプロジェクト/
企業/事業レベル（ミクロ/サブミクロレベル）での理解
ミクロ/サブミクロレベルのプロセスを踏まえた指標の特定

ミクロ/サブミクロレベルでのプロセスを踏まえたモデルによる計量と検証を同時並行的に相互にすり合わせながら進めていくことが必要である。

2.1.2 調査研究の進め方

(1) 科学技術イノベーションの測定・評価に向けた多様な調査研究手法の結集の必要性

2.1.1 で述べたように、科学技術イノベーションの測定・評価に際しては、イノベーション・プロセスの理解、プロセスを踏まえた測定のための指標の特定、ミクロ/サブミクロレベルでの計量モデルを組み合わせた方法論の構築が必要である。

しかしながら、イノベーション研究は関連分野が多く、アプローチが多岐にわたっており、我が国ではそれぞれが独立、分散して進められているのが現状である。また、どちらかという企業レベルから下流側を対象にした研究が多く、科学技術との結び付きが比較的少ない、といった特徴を有している。

このため、本調査においてイノベーションの測定・評価手法について検討する際には、これら多様なアプローチのうち、まず、科学技術の効果としてのイノベーションのミクロ/サブミクロにおける定量的な測定・評価の核となるアプローチの相互の接続・協力を図る、また、これまで企業におけるプロセス中心だったイノベーション研究の視野を科学技術に広げる、という観点に絞って関連研究を結集することとした。

(2) 本基礎的調査の構造

本調査においてイノベーションに関する先行研究の現状、課題と方向性をレビューするに際しては、前述の関連研究の結集とともに、前回の基本計画レビュー調査を受けて引き続き取り組むべきと考えられる以下の点を踏まえて調査の構造化を図った。

- ・ 科学的アウトプットである論文と技術的アウトプット指標である特許の関係(リンクage)のイノベーション・プロセスに即した分析。さらに研究開発ファンディングをはじめとする科学技術政策との関係の分析
- ・ 社会・国民生活におけるインパクトの定量化とインパクトに対する科学技術や公的研究開発・支援の寄与の把握
- ・ イノベーション・プロセスにおける関係主体間の相互作用の構造と動態の把握

また、イノベーション創出に向けたシステム改革の効果の把握にはナショナル・イノベーション・システムのパフォーマンスとこれに対する政策、特に近年注目されている政府によるイノベーション・システムのガバナンスの影響を明らかにすることも重要と考えられることから、ミクロなアプローチとともにこれらの研究についても検討することとした。

具体的には、ケース・スタディ等による科学技術イノベーションのプロセスのミクロ/サブミクロレベルでの理解、ミクロ/サブミクロレベルのプロセスを踏まえた

指標の特定、ミクロ/サブミクロレベルでのプロセスを踏まえたモデルによる計量と検証、を同時並行的に相互にすり合わせるとともに、ナショナル・イノベーション・システムのガバナンスの影響とパフォーマンスの解明を進めるため、調査テーマを以下のように設定し、先行研究等の調査と今後進めるべき取組の特定を行った。

- (ア) 企業のイノベーション活動と科学技術や科学知識の結びつきの明確化
- (イ) イノベーション・プロセスに即したミクロな指標体系の構築、とりわけ科学的アウトプット（論文）と技術的アウトプット（特許）の結び付きの明確化、企業におけるイノベーション活動の把握、科学、技術、企業活動関連データの接合
- (ウ) イノベーションのインパクトの定量的把握に向けたミクロ計量経済モデルの拡充
- (エ) ナショナル・イノベーション・システムのガバナンスの影響とパフォーマンス

(ア) 企業のイノベーション活動と科学技術や科学知識の結びつきの明確化については、サイエンス型産業及び既存産業であっても科学技術の活用によるイノベーション創出が増えつつある産業について、企業がイノベーションのプロセスにおいて具体的にどのように科学技術知識を結集・活用しているのか、科学技術との結びつきが企業価値等にどのように反映されているのかをケース等により明らかにする。これらにより、科学技術イノベーションのプロセスの理解を深めるとともに、ミクロ/サブミクロレベルの指標、また、企業による科学知識の結集・活用による競争力の維持・強化に必要な方策への示唆を得る。

(イ) イノベーション・プロセスに即したミクロな指標体系の構築については、我が国のイノベーション関連データのうち、一層の把握が必要なものとして、a)科学研究が技術に及ぼした波及効果を直接の発明者だけでなく特許における論文等の引用等間接的リンケージも含め定量的に分析する手法とb)企業におけるイノベーション活動の把握に向けた調査のあり方、について検討する。さらに、c)これらのデータに加え、科学技術調査研究報告、企業活動基本調査をはじめとするイノベーションに関連した様々な統計データをミクロ/サブミクロレベル（企業や事業、プロジェクトレベル）で接合し、プロセスに沿ったイノベーションの展開を具体的にミクロ/サブミクロレベルで分析することを可能にするためのイノベーション関連データの接合のあり方について検討する。

(ウ) ミクロ計量経済モデルのイノベーション活動や科学技術からのインプットも考慮したモデルへの拡張については、全要素生産性の上昇や社会への便益（余剰）の変化を通じて科学技術イノベーションの社会へのインパクトを計測する観点から検討を行う。

さらに、(エ) ナショナル・イノベーション・システムのガバナンスの影響とパフォーマンスについては、イノベーション活動を国レベルで左右する要因である科学技術システム改革やその運営の在り方の影響について明らかにするため、ナショナル・システム全体のパフォーマンスの把握とパフォーマンスに影響を及ぼすガバナンスの分析手法を検討する。

これら各テーマに関連した先行研究の現状、今後の方向性、課題などについては、次節以降で詳細にレビューする（図表 2.1.2.1 参照）。

図表 2.1.2.1 調査研究テーマと研究分担者及び共同研究者

調査研究テーマ	研究分担者、共同研究者
1. 企業のイノベーション活動と科学技術や知識の結び付きの明確化	
(1) 組織間にまたがるサイエンス・ナレッジの結集の現況と課題 - 半導体産業を事例に -	中馬宏之、橋本哲一
(2) 既存産業におけるサイエンスとの関係の変化 - ディスプレイ関連学会を事例に -	榊原清則、松本陽一
(3) 企業価値と知的資本 - ライフサイエンス産業を事例に -	小田切宏之、羽田尚子
2. イノベーションのプロセスに即したミクロな指標体系の構築	
(1) 科学研究と技術の連関	調 麻佐志、富澤宏之、山下泰弘、玉田俊平太
(2) イノベーション活動の統計的観測	伊地知寛博
(3) イノベーション関連指標の統合的利用	鈴木 潤
3. イノベーションのインパクトの定量的把握に向けたミクロ計量モデルの拡張	
(1) 市場データを用いたイノベーションの測定	大橋 弘
(2) 研究開発・イノベーションと生産性上昇	深尾京司、権 赫旭
4. イノベーション・システムのガバナンスの影響とパフォーマンス	
(1) ナショナル・イノベーション・システムのパフォーマンス測定手法に関する予備的考察	永田晃也、大西宏一郎
(2) イノベーション・システムのガバナンスに関する比較制度研究	角南 篤

2.2 企業のイノベーション活動と科学技術や知識の結び付き

2.2.1 組織間にまたがるサイエンス・ナレッジの結集の現況と課題 - 半 導体産業を事例に - ²⁵

【中馬宏之(一橋大学 イノベーション研究センター 教授)】

【橋本哲一(元・日立中央研究所 主管研究員)】

(1) はじめに

様々な科学技術分野で生み出される創造的な発明・発見が市場を通じて社会生活に変革をもたらすイノベーション²⁶への関心が高まってきている。このような傾向は、サイエンス型産業²⁷におけるイノベーション(「サイエンス・イノベーション」と呼ぶ)に関して特に顕著である。関心の高まりの大きな要因の一つは、半導体技術を核としたIT化の急速な進展により、テクノロジーのみならずマーケットの複雑性が急増してきたことにある。そして、そのような傾向は、豊かさがもたらす人々の好みの多様化や経済全体のグローバル化によって一層加速しつつある。

テクノロジーとマーケットの複雑性が急増する状況では、主にサイエンス・ナレッジ(以後ナレッジと呼ぶ)の創造に従事する人々とそれらの活用に従事する人々とが大きく専門・分化していく傾向が不可避となる。創造・活用のために必要とされるナレッジの幅と深さが、特定個人の情報処理能力限界を頻繁に飛び越えはじめるためである。しかも、創造されるナレッジの複雑性や専門性が高まるにつれ、サービス経済化の急速な進展にも例示されているように、それらを統合して活用することの難しさが勝るとも劣らず急増していく。

その結果、ナレッジの活用スピード自体が、イノベーションの律速要因となるケースも希ではなくなってくる。そのような状況下では、人工知能分野における複雑性増大下の一般原則であるパパートの原理(Papert's Principle)が、産業レベルでも厳然と立ちはだかつてくるためである(Minsky (1986), (2006))。

パパート(Papert)の原理: 「精神的な成長の最も重要な段階では、新しい技能・技術を獲得することだけではなく、既に獲得した技能・技術を新しい方法で活用

²⁵ 本論の作成に際しては、特にUS特許分析に際して、半導体製造装置向け等のソフトウェア開発で卓越したプロの技をお持ちの深野俊昭氏(科学技術政策研究所・派遣社員)に大変に御世話になった。また、論文作成に際しては、広島大学ナノデバイス・システム研究センターの角南英夫教授、日立中央研究所フェローの伊藤清男氏、元NEC技監の神津英明氏をはじめ、数多くの半導体研究者・エンジニアの方々に多大なる御支援を頂いた。これらの方々に、この場を借りて、深く御礼申し上げたい。ただし、本論の責は、すべて著者に帰属する。なお、本文中において、半導体プロセス技術に関連したUS特許分析を数多く行っている。その際に用いたのは、同分野の専門家によるアドバイスに基づいた特許全文キーワード検索である。キーワード検索方法の詳細については、紙面の都合上、割愛した。

²⁶ 本論では、イノベーション=「市場を通じて社会生活に変革をもたらすことのできる創造的な発見・発明」と定義する。したがって、イノベーションには、事後的に実現したものだけではなく、潜在的あるいは事前の意味で実現する可能性が大きなものをも含むとの解釈が可能である。

²⁷ 半導体や医薬品・バイオテクノロジー等に代表される産業などのように、科学・技術的な発見・発明が産業化されるまでの期間が短い産業のこと。

するための方法を獲得することが（さらなる成長のための）土台となる。」（中馬 訳）

実際、サイエンス型産業においてイノベーションを効果的かつ迅速に実現するためには、企業内外に散在する異質な専門知識を持つ人々を、広範囲にわたって迅速に結集する仕組みが必要となる。ただし、広範囲にわたる迅速な結集を実現するためには、様々な分野の専門家に自律的な結集を促す新しい組織経営方式が不可欠となる。加えて、結集してくる専門家達が保有するナレッジの互換性を高め、それらの再利用率向上によって、新たなナレッジを累積的に創造していくスピードを速める仕組みが要請される。

残念ながら、日本のサイエンス型産業においては、テクノロジーとマーケットの複雑性がある閾値を超えはじめるにつれ、組織内外においてナレッジの結集が十分に広範囲なレベルで迅速に実現されにくくなってきている（例えば、Chuma (2006)）。その結果、急増するテクノロジーとマーケットの複雑性に対する組織経営方式の限界（“組織限界”と呼ぶ）が随所に露呈しつつある。そして、数多くの発見・発明が創造されている分野においても、主にそれらの有効活用スピードの遅れから、関連するサイエンス型産業の競争力が弱化していく傾向が生まれはじめている。

本論の目的は、以上のような問題意識に基づいて、日本のサイエンス型産業の競争力弱化作因とその克服策を模索することである。そのために、典型的なサイエンス型産業の一つである半導体産業の事例、特に同産業が経験した DRAM²⁸ビジネスの盛衰過程を分析対象とする。その際のユニークな試みは、（１）数世代にわたる日米独韓メーカー製 DRAM 量産品に関する詳細な（電子顕微鏡を用いた）解析レポートの分析、（２）数十年にわたる DRAM 関連の日米特許や ISSCC (International Solid State Circuits Conference) や IEDM (International Electron Devices Meeting) に代表される主要学会論文に基づく各社の研究開発活動のミクロ・マクロ特性の分析の二つである。

本論では、これらの分析に基づいて、研究開発段階のみならず量産段階の DRAM に関する主要メーカー間の技術的な競争状況を明らかにする。次に、それらの結果に基づいて、他の条件を一定とした場合におけるテクノロジーの複雑性増大状況に関するより詳細な事実を把握する。また、分析によって導かれたテクノロジー上の特性を与えられたものとして、それらを体化した量産品が直面したマーケットの特徴を詳細に検討する。最後に、それらの分析結果を踏まえ、なぜ日本の半導体メーカーのほとんどが DRAM ビジネスから撤退するに至ったか？それは、日本の半導体メーカーが今日直面している競争力弱化作因とどのような点で類似しているのか？それらの弱化作因克服のためにどのようなことが必要と考えられるか？等々を考察する。

²⁸ DRAM は、Dynamic Random Access Memory の略。なお、半導体は集積度が 2 年あるいは 3 年で 2 倍になっていくという経験的な法則（ムーアの法則）が指摘されている。インテル創始者の一人である G. Moore によって提唱された。詳しくは <http://www.intel.com/technology/mooreslaw/index.htm> を参照されたい

(2) DRAM ビジネス盛衰過程における類型化された事実 (Stylized Facts)

過去 30 年ほどの中で観察される DRAM ビジネス盛衰過程には、次のような 4 つの類型化された事実を見出すことができる。

- (SF1) 日本メーカーは 1980 年代末まで世界 DRAM 出荷額の 70% を超えるシェアを確保してきたが、その後急速に低下し、現在では 10% に満たない。
- (SF2) 日本メーカーは、少なくとも 64Kb から 256Mb に至るまで世界の DRAM の設計・プロセス (= 製造) 技術をリードしてきた。現在でも、それらの技術的な優位性は失われたわけではない。
- (SF3) 64Mb (より鮮明には 128Mb) 以降の量産開始時期では韓国サムスン、16Mb 以降の (メモリ・) チップ²⁹面積や (メモリ・) セル³⁰面積の縮小 (シュリンク) 技術ではマイクロンの後塵を拝することとなった。
- (SF4) 90 年代半ば以降において、(最近のエルピーダは例外として) サイクルタイムや納期順守率などの指標で測った生産システム上の優位性を失ってしまった。

次節では、まずこれらの点についてエビデンスを示しながら確認してみたい。

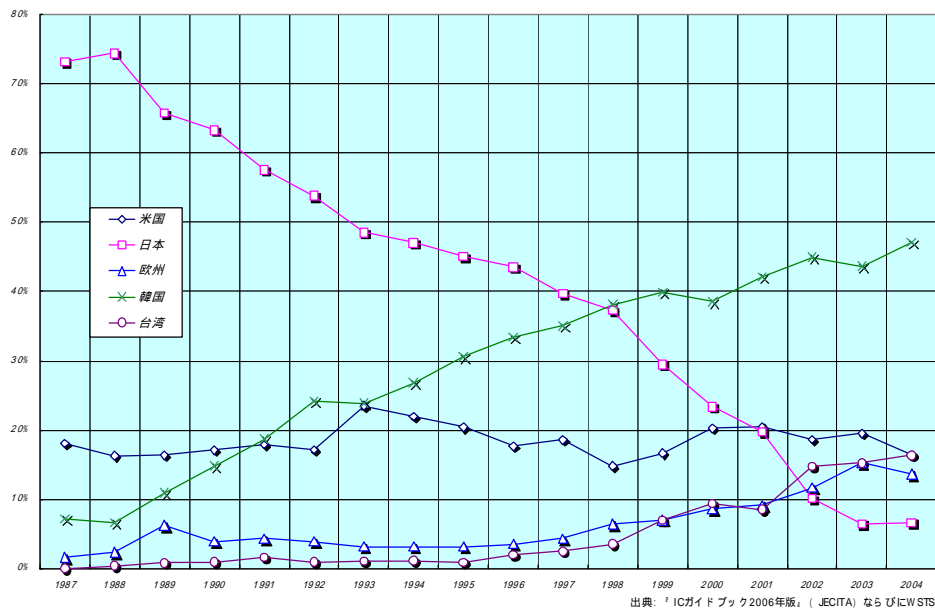
類型化された事実(SF1)の確認

SF1 に関しては、DRAM の地域別出荷額を示した図表 2.2.1.1 により直ちに確認することができる。事実、日本勢の出荷額シェアが、80 年代末以降急速に低下している様子が見て取れる。この間、98 年 12 月に富士通、2001 年 12 月に東芝、2002 年 10 月に三菱電気が DRAM 事業から撤退した。また、NEC と日立は、99 年 12 月に DRAM 事業を本体から切り離し、両者共同で DRAM 専門会社であるエルピーダ設立した。その結果、エルピーダが、現在日本に残る唯一の DRAM メーカーとなっている。

²⁹ 出来上がったウェーハから直接切り出された切片としての DRAM チップのこと。このチップは、プラスチックなどによってパッケージされる。我々が店頭や PC 内で目にするのは、それらを複数 (通常は 8 個) 載せた SIMM や DIMM と呼ばれるメモリ・モジュールにしたものである。

³⁰ メモリ・セルとは、1 個のトランジスタとそれに付随する 1 個のキャパシタからなる一対の組合せのこと。1 個の DRAM チップには、このようなメモリ・セルが多数含まれる。トランジスタは、加えられる電圧が特定の閾値を上回ったり下回ったりすることにより (0 - 1) 情報を生み出す素子 (構成要素)。キャパシタは、電気 (電荷) を一時的に蓄えておくための素子で、コンデンサ - ととも呼ばれる。

図表 2.2.1.1 DRAM 出荷額（ドル）国別シェアの推移



類型化された事実(SF2)の確認

64Kb 以降の DRAM に関しては、根幹を成すプロセス・設計技術の多くが日本（特に日立）や米国（特に IBM）から出ている。具体例は後半で詳述するが、そのような様子は、図表 2.2.1.2 から確認できる。この図表 2.2.1.2 には、主に半導体設計技術の世界的な発表の場である ISSCC（上側）とプロセス（製造）技術の世界的な発表の場である IEDM（下側）での日米韓独の主要 DRAM メーカーによる論文発表状況が示されている³¹。ISSCC での各社による DRAM 関連論文の多くは 2 頁程度のものである。そのため、少なくとも 80 年代においては、製品発表の場としての性格が強かった。実際、発表時には、各社共に事前に特許出願を済ませ、2 年後の量産を意識していた。このようなことから、ISSCC の場合、発表技術の多くが開発（サイエンスナレッジの活用）に関わるものである。他方、IEDM の場合、ISSCC に比べて研究（サイエンスナレッジの創造）に関わる論文が数多く含まれる。

ISSCC や IEDM に示される各社の研究開発状況を見ると（図表 2.2.1.2 参照）、80 年代半ばから 90 年代半ばにかけて、プロセス技術・設計技術の双方に関する日本勢活躍の様子がうかがえる。なお、いずれの時代においても、IBM が、開発のみならず研究においてもリーダーとしての役割を維持し続けていることが鮮明に現れている。他方、日本勢や IBM とは対照的に、マイクロンは、長期間にわたりほとんど両学会で（特に単独での）研究発表を行ってこなかった³²。同じことは、90 年代半ばまでの韓国勢（サ

³¹ 専門家のアドバイスに基づいたキーワード検索を行った。

³² Science Direct で各社の専門誌への公表論文数を検索すると、日立 1993 本、日立中央研究所 837 本、NEC826 本、サムスン電子 314 本、Samsung Advanced Institute of Technology 435 本、マイクロン 25 本

ムスン、Hynix) についても当てはまる。つまり、少なくとも 90 年代半ばまでは、マイクロン・サムスン共に、ナレッジ活用型（あるいは、量産利益追求型）の企業であった。その傾向は、マイクロンの場合、現在に至るまで徹底している。ただし、90 年代後半になると、特にプロセス技術に関するサムスンの IEDM 発表が急増している。

図表 2.2.1.2 ISSD,IED に見られる DRAM 関連論文数（主要メーカー別）

1) ISSCC DRAM関連 (論文全体から DRAM、MOSRAM、etc. で抽出) : *が1論文に相当 (以降の表も同様)

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
日立	*																							
東芝	**																							
NEC	*	*																						
三菱電機																								
富士通																								
IBM			*																					
Intel			*																					
Micron																								
Mostek																								
Motorola																								
Texas Instruments	*																							
Infineon + Siemens																								
Samsung																								
Hynix + Hyundai + LG																								

2) IEDM DRAM関連 (論文全体から DRAM、MOSRAM、etc. で抽出) : *が1論文に相当 (以降の表も同様)

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
日立	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
東芝		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
NEC	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
三菱電機	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
富士通																								
IBM																								
Intel																								
Micron																								
Mostek																								
Motorola																								
Texas Instruments																								
Infineon + Siemens																								
Samsung																								
Hynix + Hyundai + LG																								

出典: IEDM50年史、ISSCC50年史

類型化された事実の確認(SF3)

前節で確認した研究開発能力上の優位性にもかかわらず、テクノロジーの複雑性が急増したと言われる 64Mb 以降になると、日本勢は、量産化スピードでサムスン、チップ面積の縮小スピードでマイクロンに劣後しはじめる。前者については、表 2 において、より具体的に確認できる。図表 2.2.1.3 の第 1 列目には DRAM のメモリ容量、1 行目にはそれらの ISSCC 等での発表年次・メーカー、量産開始年次・開始メーカー等が示されている。この表によれば、64Mb 以降において、開発から量産までの期間、100 万個量産までの期間、開発開始から当該 DRAM の生産量がピークを迎えるまでの期間のいずれもが長期化してきている。つまり、テクノロジーの複雑性が急増している。

このような状況下、80 年代以降培ってきた日本メーカーの研究開発力が、早期の量産に繋がらなくなってきた。事実、16Mb までは日本勢の開発・量産化スピードが勝っ

であった。この結果は、マイクロンが典型的なナレッジ活用型企业であることを端的に物語っている。

ていた。ところが、64Mb 辺りから、サムスンの量産開始時期が日本メーカーを凌駕しはじめる。その結果、それまでナレッジ活用型であったはずのサムスンが、量産利益のみならず先行者利益をも享受するようになった。

量産レベルでのチップ面積シュリンク状況に関しては、マイクロンの 16Mb・DRAM の特性に顕著に示されている（図表 2.2.1.4）。この表では、チップ面積・セル面積共に 1991 年の NEC16M_1（型番は μ PD4216100）のサイズを基準にして相対数値化されている。各社の DRAM は、実際に製造・販売された量産品である。この表によれば、NEC 製は、91 年か 96 年にかけて 71%シュリンクしている。ところが、マイクロンの 96 年の二つのチップは 41%と 28%となっており、97 年には 20%にまでシュリンクしている。驚くほどのシュリンクぶりである。96 年や 97 年頃、同業他社が、なかなか太刀打ちできなかった理由が分かる。ちなみに、日本では、97 年の DRAM 市場でのマイクロンの席巻を「マイクロンショック」と呼んだ。

図表 2.2.1.3 各種容量別 DRAM の開発・量産プロセスの推移（1K～1G）

DRAM 容量 (ビット)	ISSCC, JSSC, VLSICでの最初の発表年次	発表メーカー名	量産開始年次 (A1)	最初の量産開始メーカー	量産開始までの期間 (A1-A0)	量産個数が100万個以上に達した年次 (A1)	開発発表から100万個量産までの期間 (A2-A0)	出荷個数ピーク年次 (A3)	開発開始発表からピーク年次までの期間 (A3-A0)
1K	なし		1971	INTEL	-	1973	-	1974	-
4K	1973	INTEL	1975	TI	2	1975	2	1979	6
16K	1976	INTEL, 日立	1977	Mostek	1	1977	1	1982	6
64K	1978	Mostek, NEC, NTT, Siemens	1980	日立	2	1980	2	1987	9
256K	1980	NEC, NTT	1983	富士通	3	1983	3	1988	8
1M	1984	Hitachi, NEC, NTT	1986	東芝	2	1986	2	1991	7
4M	1986	NEC, TI, 東芝	1989	日立	3	1989	3	1995	9
16M	1988	日立, 松下, 東芝	1991	日立	3	1993	5	1997	9
64M	1991	日立	1994	NEC, Samsung	3	1996	5	2000	9
128M	なし	なし	1998	Samsung	-	1998	-	2001	-
256M	1993	日立, 松下, 三菱, 東芝	1997	Samsung	4	1999	6	2005	12
512M	なし	ただし IBM2001 年に発表	2003	Samsung	-	2003	-	2008E	-
1G	1995	日立	2004	Samsung	9	2004	9	2009E	14

出典：ISSCC、JSSC、SVLSIC、SEMICO(2003)、ICE(1997)、日経新聞
JSSC= Journal of Solid State Circuits, SVLSIC= Symposium on VLSI Circuit

図表 2.2.1.4 16Mb・DRAMに見られるマイクロンのシュリンク技術

Product	Expected Year	Chip Size (HEC_16M_1=100)	Cell Size (NEC_16M_1=100)
NEC16M_1	1991	100.00	100.00
Fujitsu16M_1	1992	94.71	113.10
Samsung16M_1	1993	67.55	86.67
Mitsubishi16M_1	1994	69.71	71.43
Hitachi16M_1	1994	65.96	75.30
Hitachi16M_2	1994	67.90	76.19
NEC16M_1	1994	68.64	71.43
Samsung16M_2	1994	63.72	65.48
Hyundai16M_1	1994	86.18	95.24
Fujitsu16M_2	1995	68.11	61.90
NEC16M_2	1996	71.24	74.04
OKI16M_1	1996	73.82	77.38
MoselVitellic16M_1	1996	62.67	65.48
Micron16M_1	1996	40.60	35.48
Micron16M_2	1996	27.51	35.48
ShinNipponSteel_1	1997	69.64	130.95
Micron16M_3	1997	20.06	不明

出典：Chipworks社、Semiconductor Insights社、<http://smithsonianchips.si.edu/ice/s4.htm>

類型化された事実の確認(SF4)

日本の半導体メーカーが、生産システム上の優位性をも失いはじめた様子は、90年代に UC Berkeley グループによって実施された調査結果にも如実に現れている（Leachman and Huges (1996)）。この調査結果によれば、米国半導体メーカーが、当時でも日本の有力半導体メーカーを、Cycle Time per Layer（マスク一枚当にかかる処理時間）のみならず Delivery On Time（納期遵守率）でも相当に上回っていた。ただし、イールド（単位ウェーハ当の良品率）露光装置の利用効率では、日本の半導体メーカーが依然として数段勝っていた。

日米における半導体生産システムの競争力が急速に縮まっていく傾向は、既に80年代末期から始まっていた。この点に関し、Macher 他（1998）は、90年代初頭に、サイクルタイム（cycle time）のみならず、（チップ完成後に行われる）プローブテスト段階での良品率（Probe Yield）や直接労働者の労働生産性、欠陥密度（defect density）等の指標でも日米格差が相当に縮小してきていることを示している。

90年代後半の状況に関しては、明確な国際比較をした文献は見あたらない。ただし、Leachman 他（2002）には、サムスンの半導体諸工場における96年以降の短縮状況が示されている。Leachman 氏は、その際に、コンサルタントとして主導的な役割を果たした。同論文によれば、サムスンでは、96年に開始された生産システム改革により、64Mb・DRAMの総サイクルタイム（TAT：Turn Around Time）が、96年初頭の90日前後から98年末には30日強に短縮した。単純な比較は難しいが、この30日という数値は、聞き取りした某日本メーカーの当時の水準（60日前後）をかなり下回っている。

図表 2.2.1.4 1990 年代前半における日米半導体生産システムのパフォーマンス

項目	最良スコア	平均スコア	最悪スコア	日本vs.米国
一層当たりのサイクルタイム(日)	1.2	2.6	3.3	-
10層当たりのライン歩留まり(%)	98.9	92.8	88.2	++
欠陥密度(個/Cm ²)				++
0.7~0.9 μm (CMOSメモリー)	0.28	0.74	1.52	
0.7~0.9 μm (CMOSロジック)	0.28	0.79	1.94	
1~1.25 μm (CMOSロジック)	0.23	0.47	0.96	
1.3~1.5 μm (CMOSロジック)	0.21	0.61	1.15	
露光装置のスループット(×5 層/台/日)	724	382	140	+
直接従業員の生産性(層/人/日)	6.3	29.6	8	+
総従業員の生産性(層/総人数/日)	37.7	17.6	3.3	++
納期順守率[95%のチップ](%)	100	89	76	-

++ : 日本の工場が大幅に優れる
+ : 日本の工場がやや優れる
0 : 日本と米国で差がない
- : 米国の工場がやや優れる
- - : 米国の工場が大幅に優れる

出典：Leachman and Hoges (1996)

(3) 類型化された諸事実出現のロジック：日米半導体協定のインパクト

4 つの類型化された事実 (SF1~SF4) のいくつかを断片的に説明しようとする試みは、これまで多くの人々によって繰り返されてきた。そして、経営判断ミスによる半導体設備投資規模の不足と投資タイミングの遅れ、PC の登場を契機とする DRAM 市場構造変化への認知の遅れ、日米半導体協定下で日本メーカーに課せられた各種制約、円相場の急上昇による価格競争力低下、等々様々な説明がなされてきた³³。本論では、紙面の都合上、それらの詳細な検討は行えないが、特に重要と考えられる日米半導体協定のインパクトについて触れておきたい。

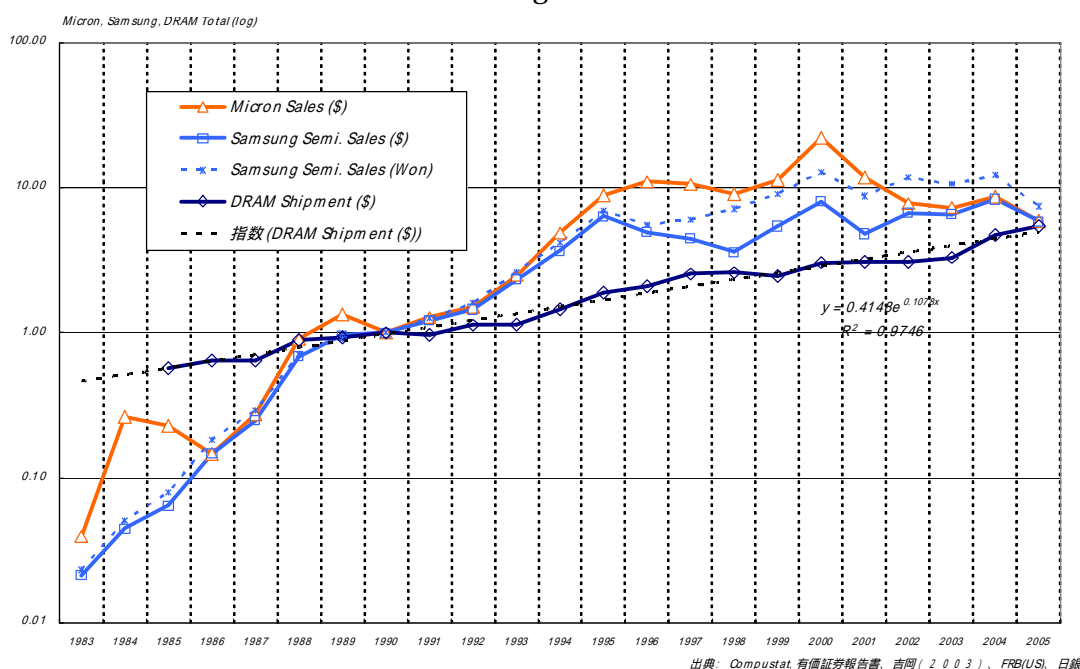
日米半導体協定下の米国政府による日本メーカーへの圧力は、現在からは想像もつかない程に強圧的なものであった(大矢根(2002))。その結果は、間接的ではあるが、図表 2.2.1.5 に示されている。この図の縦軸は、1990 年のマイクロン(78 年設立、生産開始は 82 年)とサムスンの各々の半導体関連売上高(ドル表示)を基準にして 1983 年から 2005 年の間の推移をたどったものである。サムスンについては、ウォン表示(点線)の推移も示されている。加えて、比較のために、DRAM 世界出荷額(ドル表示)の推移も指数関数で近似した直線(点線)と共に示されている。図に示されているように、世界出荷額は、年 10%の右上がりの直線でほぼ完璧(決定係数 97%)に予測することができる。

この図から容易に理解できるように、マイクロン・サムスン共に、日米半導体協定が発効した 1986 年から 1995 年まで、DRAM 世界出荷額の成長率(10%)を遙かに超え

³³ より詳しくは、吉岡(2004)を参照されたい。

る 40%後の成長率で成長している。特に、マイクロンについては、85 年に始まった深刻な半導体不況により 84 年から 86 年にかけて急速に売上高が減少する。ところが、87 年以降からは、直ちに急速な成長経路に乗っている。

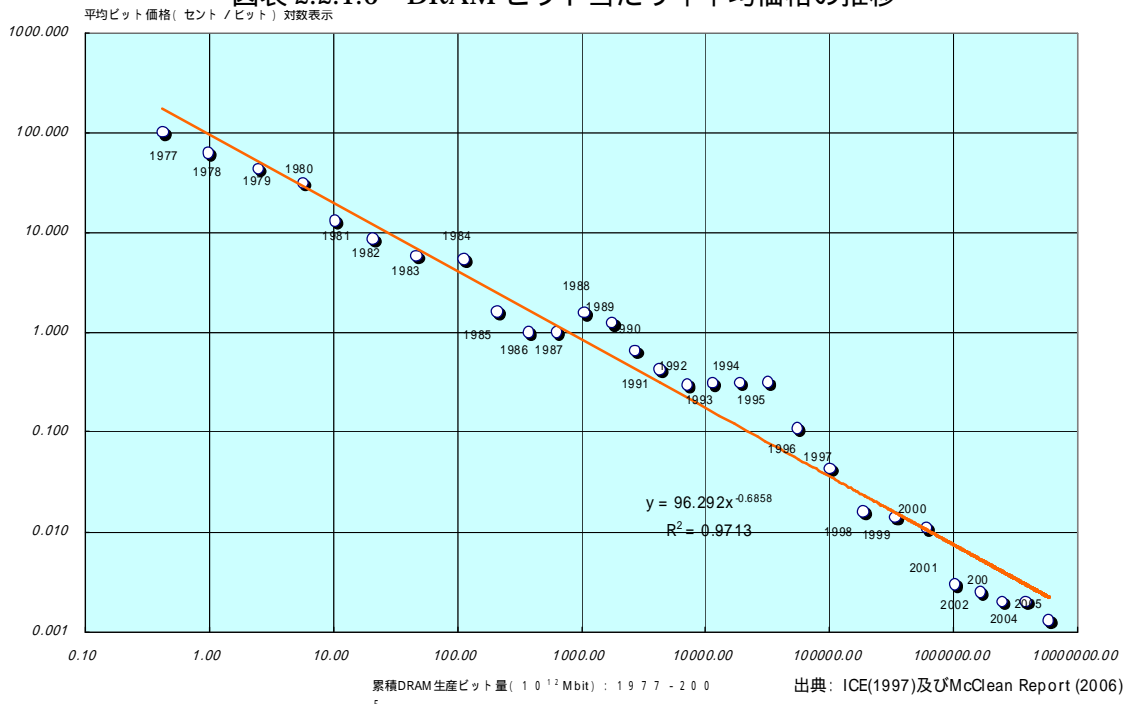
図表 2.2.1.5 日米半導体協定と半導体生産出荷額の推移(1990=100)
- 急拡大した Microm と Samsung -



マイクロンとサムスンの急速な成長は、日米半導体協定下で制限された DRAM 供給量がもたらした急速かつ大幅な DRAM 価格の上昇に支えられた。実際、Johnson その他（1998）によれば、1992 年頃には 4Mb・DRAM の原価は約 4 ドルであったが、（スポット）市場では 12 ドル前後で取引されていた。この点は、図表 2.2.1.6 に示される DRAM の 1 ビット当り平均価格の傾向線上での動きによって明確に確認できる。この図の縦軸は DRAM のビット当り平均価格（対数）、横軸は 1977 年以降に生産された各メモリ容量の DRAM の累積ビット容量である³⁴。ビット価格と累積ビット量との年次変化は、図表 2.2.1.6 に示される直線によってほぼ完璧（決定係数 97%）に関係づけられる。この図によれば、日米半導体協定発効後急速に DRAM 価格が上昇、95 年以降急速（約 1/5）に下落するものの、1997 年までほぼ傾向線の上側に位置している。

³⁴ 各年次のビット容量は、当該年次に生産された各種 DRAM のビット容量と生産数量を乗ずる形で計算される。累積ビット容量とは、それらを 77 年から該当年次まで足し合わせた数量である。

図表 2.2.1.6 DRAM ビット当たり年平均価格の推移



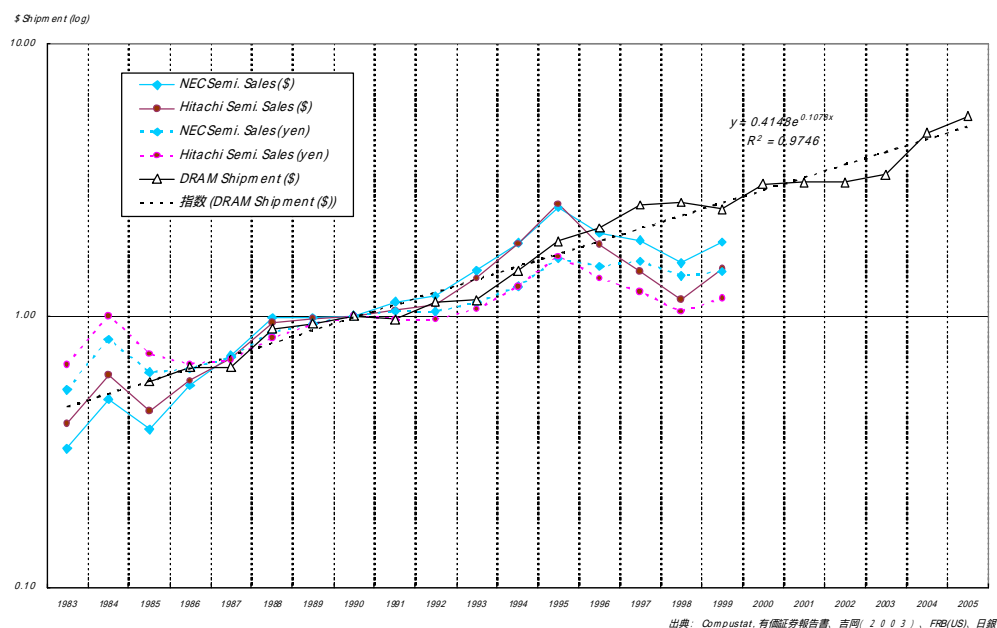
以上の事実から、マイクロンとサムスンという強力な DRAM 供給代替メーカー登場の背後には、日米半導体協定下における DRAM 価格急上昇が大きく影響していることがわかる。ただし、急速な DRAM 価格上昇は、供給量が制約されたとしても、日本メーカーにも大きな便益をもたらした筈である。この点に答えてくれるのが、図表 2.2.1.7 である。この図表 2.2.1.7 の縦軸・横軸は図表 2.2.1.5 と同じであるが、日本メーカーの成長率の低さを反映し、縦軸の縮尺が図表 2.2.1.5 の 2 倍になっている。また、日立と NEC の DRAM 部門は、1999 年末頃に合併し現在のエルピーダとなった。そのため、各々のデータは 99 年まででストップしている。

図表 2.2.1.7 によれば、日本メーカーは、95 年に至るまでは、世界 DRAM 出荷額の成長率とほぼ同じ 10% で成長している。その意味では、90 年代初頭のバブル崩壊効果は、少なくとも 90 年前半には現れていない。実際、95 年時点では、この時点では、図 1 に示されているように、日本勢の DRAM 世界シェアは、まだ 10% 以上韓国勢を上回っていた。ところが、96 年に始まった DRAM 価格の暴落と共に、日立・NEC 両者共に大きなマイナス成長が始まった。同じことは、図には示されていないが、東芝・富士通・三菱電機などについても確認できる。また、80 年代の円安傾向と 90 年代前半の円高傾向を反映し、日立・NEC の事例に見られるように、ドル表示での売上高成長率のブレが円表示のものより大きくなっている。

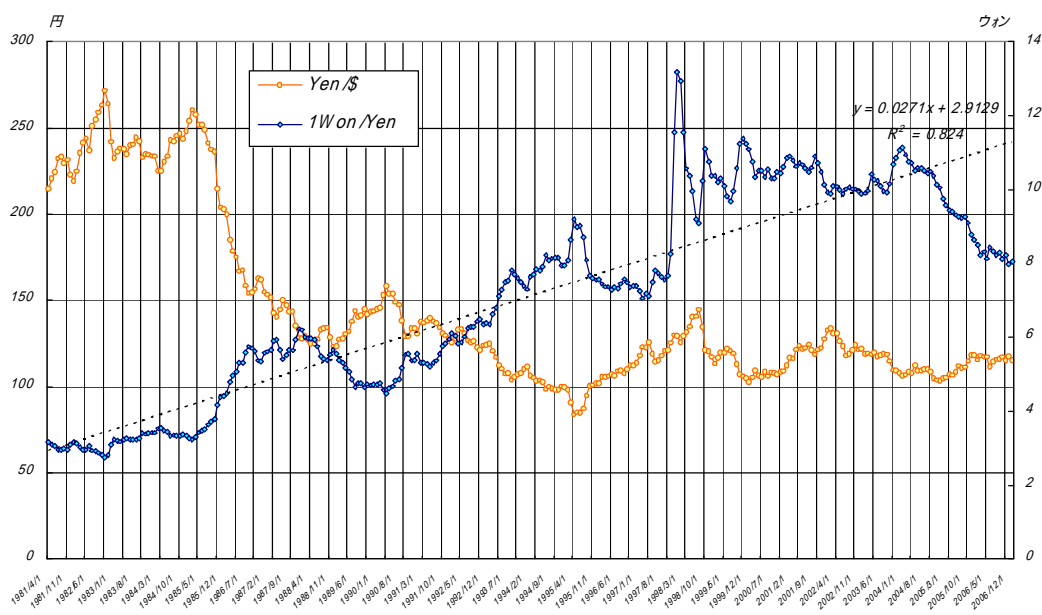
したがって、日本メーカーの 95 年以降における失速要因のすべてを日米半導体協定に帰着させることはできない。実際、91 年～95 年における第 2 期の日米半導体協定期間中は、第 1 期ほどの殺気だった状況ではなかった(大矢根(2002))。ただし、日米半導体協定下で、日本政府の後押しもあり、日米半導体協定下では、東芝をのぞく全

ての大手半導体メーカーが、現在から見れば無謀とも言える単独での海外半導体前工程用工場への投資を行った。しかも、それらは、(進出国政府との協定などによる縛りがないケースでは)例外なく 90 年代後半に閉鎖・撤退を余儀なくされた。このことは、その後の日本メーカーの投資余力を相当に奪ったと考えられる。

図表 2.2.1.7 日米半導体協定と半導体生産出荷額推移 (1990 年 = 1): Hitachi, NEC



図表 2.2.1.8 円の為ドル相場、ウォンの対日相場の推移: 1981 年 ~ 2006 年



なお、サムスンの 90 年代後半における躍進を陰で支えた要因の一つとして、円の対ドル相場と対ウォン相場の動きに触れておきたい。まず、対ドル相場については、80 年代前半の円安状況は、90 年前後でほぼ解消され、その後は 120 円前後を底とした循環的な動きを示している。したがって、ドル相場は、80 年代後半においてはマイクロンに順風であった。ただし、90 年以降については、殆ど円相場の影響は無かった。他方、サムスンについては、事情がまったく異なる。ウォンの対円相場が約 25 年にわたり 1 年に約 0.3 ウォン一貫して安くなってきているからである。このことは、1980 年のサムスン製 DRAM のドル建て価格が、1990 年には半額になったことを意味する。加えて、韓国の通貨危機によって 97 年末頃から著しいウォン安になり、その傾向が 2002 年初頭まで続いた。日本の DRAM メーカーは、95 年末から発生した DRAM 暴落傾向に耐えきれずに 2000 年前後に殆どが撤退した。その際、このようなウォン安基調及び想定外のウォン安は、サムスンにとって相当な順風だったと判断される。

(4) 類型化された諸事実出現の論理： 新内因説

4 つの類型化された事実 (SF1～SF4) のいくつかを断片的に説明しようとする試みは、これまで多くの人々によって繰り返されてきた。ただし、既存の説明では、経営判断のミスや市場の構造変化への認知の遅れ等々が指摘されるのみで、それらの背後要因にまで遡る形で説明は十分になされていない。そのようなことを可能とするためには、テクノロジーとマーケットの複雑性急増がもたらしたナレッジ活用範囲の(企業の境界をも超える)急速な拡大状況を理解することが必要となる。そのため、本節では、64Mb・DRAM に関連して新たに導入された各種プロセス技術の特性や 1995 年を境とするマーケット構造に関する変化状況を詳しく検討する。

先行者利益・量産利益の同時減少(「前門の虎、後門の狼」)

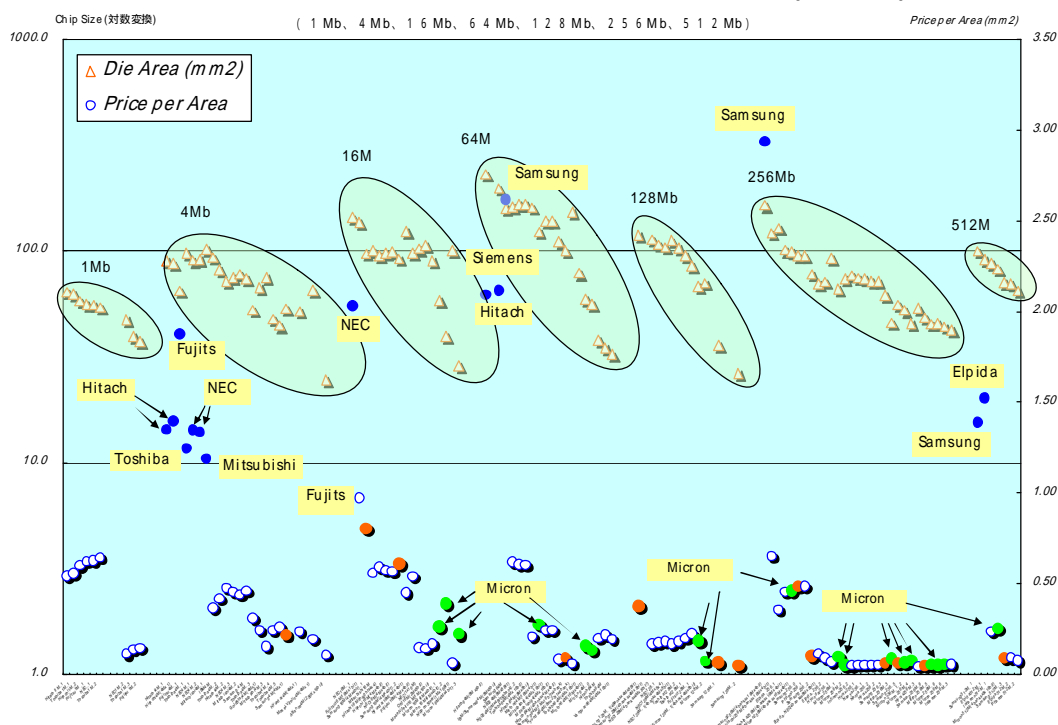
日本メーカーが、64Mb 以降において量産利益のみならず先行者利益をも失っていく様子は、図表 2.2.1.9 に示されている。この図の左の縦軸は DRAM チップの大きさ(対数値)、右の縦軸はミリ平方当りの DRAM 価格(対数値)を示している。横軸には、判読不能にしてあるが、合計で 145 個の量産 DRAM がメモリ容量別・製造年次別に並べられている。例えば、この図の 64Mb と明記してあるサークルの中には、各社の 64Mb・DRAM が製造年次順に配置されている。サークル内の 印が、それらのチップ面積である。各サークルの中では、年次を経る毎にチップ面積が低下している。他方、 印の点は、各量産品のミリ平方当り価格³⁵を示したものである。 印は、上部に少なく下部に多い。そして、上部にあるほど、ミリ平方当りの価格が高いことを意味するので、ビジネス上大きな利益を獲得可能である。

日韓逆転の契機となった 64Mb 量産品に関しては、日立製(1993 年)、次に Siemens 製とサムスン製(共に 1995 年)が市場に登場した。ところが、図表 2.2.1.9 では、日

³⁵ 価格は、Semico Research (2003)参照。

立やシーメンスのチップ面積当り価格は、サムスン製よりやや低い所に示されている。日立製のチップ面積が 229mm^2 (シーメンスでは 197mm^2) と、サムスン製の 159mm^2 に比べてかなり大きかったためである。図の下の方に多数ある 印の中で、赤く塗りつぶされた 印はサムスン製、緑で塗りつぶされた 印はマイクロン製 DRAM のミリ平米当り価格を示している。マイクロン製は、矢印で明示されている。白抜きの 印は、ほとんどが日本メーカー製のミリ平方価格である。

図表 2.2.1.9 チップサイズとチップ面積あたり価格の推移 (量産品)



図表 2.2.1.9 や収集データに基づく、1M から 256Mb の量産品について、下記のような興味深い状況が浮かび上がってくる。

- 1Mb から 4M は、先行者利益・量産利益共に日本メーカーが謳歌していた。
- 16Mb では NEC 次に富士通が先行者利益を得ている。ところが、前半 (93 年と 94 年) ではサムスン、後半 (96 年と 97 年) になるとマイクロンが量産利益を謳歌するようになった。
- (前述のように) 64Mb では日立がかなり先行したものの、DRAM 価格暴落前の 95 年までにサムスンも先行者利益を享受できた。しかも、当初 (1996 年)こそ日本勢が量産利益を確保する余地があったが、その後になるとマイクロン、サムスンが押し気味となった。
- 128Mb では、98 年時点での先行者利益はサムスンが獲得した。99 年時点で日本勢も参戦したが、2000 年前後で日本メーカーの撤退が相次ぎ、マイクロンとサムスンが量産利益の多くを得た。

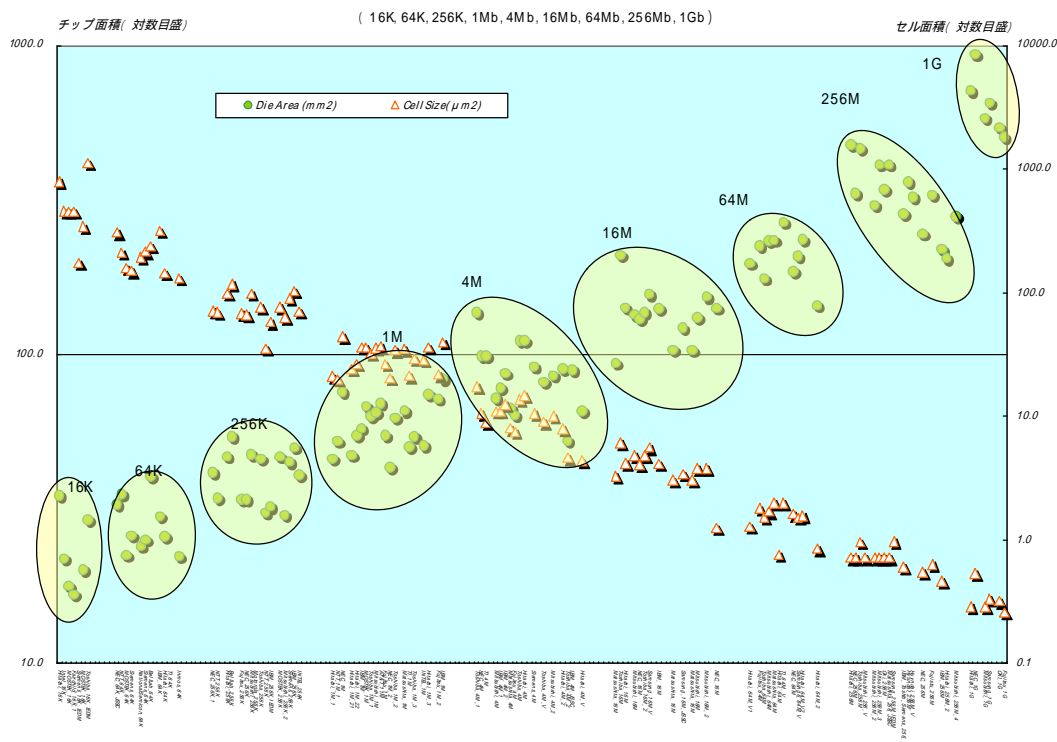
- 256Mb でも 98 年に量産開始したサムスンが先行者利益を享受した。量産利益についてはサムスンとマイクロンが鏝迫り合いを繰り返したが、チップ・シュリンク競争ではマイクロンがやや有利であった。

このように、日本メーカーの多くは、64Mb 以降の DRAM 市場において、まさに“前門の虎”(サムスン)と“後門の狼”(マイクロン)に挟まれて逃げ場を失っていった。

量産化スピードの低下要因： マーケティング戦略の失敗

前節では触れなかったが、図表 2.2.1.9 には、さらに注目すべき傾向が示されている。その一つは、64Mb 以降になると、それまで 256Kb 1Mb 4Mb 16Mb 64Mb という風に 4 倍化してきたメモリ容量が、64Mb 128Mb 256Mb 512Mb という風に 2 倍化してきたという点である。この新現象は、テクノロジーの複雑性のみならず、DRAM 市場を含む半導体市場全体の 90 年代後半以降における急速な構造変化を反映している。ただし、本節と次節で詳しく触れるが、多くの日本メーカーは、このような想定外の半導体市場の変化に必ずしも迅速・機敏に対応できなかった。その大きな原因の一つは、企業内の研究開発部門、製造部門、マーケティング・営業部門の間における「情報の同期化(知識の同期・結集)」がうまくできなかった点にある。

図表 2.2.1.10 チップ面積とセル面積の推移(開発品)



他方、サムスンでは、200mm 工場での量産が開始された 1993 年に、それまで研究開発部門と製造・生産技術部門とが分離していたリニアモデル型な研究開発・量産体制

から、両者が相互に重なり合う連鎖型・開発量産同期型の研究開発・量産体制に移行した。新システムでの目玉は、PA(Process Architecture)制度というプロセスインテグレーションの視点から研究開発者と量産プロセスエンジニアとを有機的に束ねる新制度であった。

さらに、94 年には、開発・販売の同期化を実現するための「(マーケティング)情報の精度向上」戦略が実行開始された。この新戦略が導入される前までは、(メモリ事業部の外にあった)販売事業部所属の「応用技術」チームが、顧客密着方式によって収集した営業データに基づいてマーケティング戦略を練っていた。新戦略のもとでは、メモリ事業部内に新たに創設された(技術系・事務系にまたがる)部門横断的な「商品企画チーム」が、長期・短期の情報をバランス良く収集し、包括的なマーケティング戦略を立案・実行する形になった。³⁶ 当時、サムスンは、研究開発力では依然として日本の有力メーカーに劣後していた。そのような状況からすれば、極めて的を射た改革であった。サムスンが、96 年以降の DRAM 市場の構造変化にいち早く対応できたのも、このような素地があったからだと思われる。

日本メーカーは、上記の 4 倍化から 2 倍化へと変化する潮目(97 年、98 年)に、マーケティング戦略からみて後手に回ってしまった。その結果、サムスンは、当時、日本メーカーに比べて研究開発力で依然としてハンディを抱えていたものの、128Mb・DRAM の先行者利益を獲得することとなった。実際、サムスンは、日本勢の一瞬の間隙を突いて、先行利益追求者としてトップに躍り出た。より具体的には、128Mb と 256Mb の DRAM を同じ 1998 年内の前半と後半に発売開始するという離れ業をやったのけた。しかも、最先行の 128Mb 量産品でも、チップ面積が 100mm²を僅かに超えるほどの小さなものを投入したのである。それは、まさにサムスンが 94 年に開始した前述の開発・販売同期化実現のための「情報の精度向上」戦略の賜物であったと考えられる。

他方、日本勢の研究開発者には、次世代の量産 DRAM を投入する際には、90 年代に入っても、「先行量産品は、少々チップ面積が多くても売れる」との信念が存在し続けた。それは、ISSCC における次世代開発品のスペック動向にも現れている(図表 2.2.1.10 参照)。この図の右側の縦軸がチップ面積、左の縦軸がセル面積を示している。また、各々の印が各社開発品のチップ面積、印が同セル面積を示している。横軸には、各社発表の開発品名が、メモリ容量別・発表年次別に示されている。

図表 2.2.1.10 中のセル面積()は、ムーアの法則に従い一定速度で縮小してきている。それに対応して、チップ面積も見事に一定比率で拡大してきている。例えば、日立 256Mb・93 年 478 mm²、NEC256Mb・96 年 246 mm²日立 1Gb・95 年 715 mm²、NEC1Gb・936 mm²という数値を確認できる。現在から見ると驚くほど大きなチップであり、量産とはかけ離れたところで、開発競争が行われていた様子が垣間見える。ところが、DRAM 価格暴落後の 96 年以降において、100 mm²を超えるチップは、量産品としてほとんど存在できない状況になってしまった。

日立を除く日本メーカーは、128Mb・DRAM 需要の急速な立ち上がりに触発され、サムスンの 2 倍化戦略開始から約 1 年遅れて、128Mb・DRAM を相次いで量産開始する。

³⁶ これらの点については、いずれも(御本人の了解を得て)張(2007)を参照した。

ところが、そのことが逆に供給過多を招き、128Mb・DRAM のメガビット価格が、99 年には 98 年の約 50% (0.15 ドル)、2000 年には約 30% (0.10 ドル)、2001 年に至っては 7% (0.023 ドル) にまで低下してしまった。富士通 (98 年)、エルピーダ設立 (99 年)、東芝 (2001 年)、三菱電機 (2002 年)・・・と日本メーカーの DRAM 市場からの撤退が相次いだのはこの時期であった。

日立は、128Mb・DRAM チップを結局量産しなかった。代わりに、99 年初頭にチップサイズが 38mm² と極めて小さな 64Mb・DRAM を発売した。当時のマイクロン製 64Mb・DRAM のチップ面積が 56 mm² であったので、その 68% という小ささであった。しかも、この製品には、(後述する)HSG、CMP37、世界初のキャパシタ絶縁膜へのタンタル酸化膜、半導体 (i 線) 露光装置用位相シフトマスクといった日立が世界に誇る 256Mb・DRAM 用最新技術がふんだんに投入された³⁸。

日立は、この小さなチップを通常より 2 倍の 16 個束ねて一つのメモリ・モジュールにパッケージして 128Mb 品の市場を狙った。ところが、量産拡大スピードの遅さ・128Mb 品ならびに 256Mb 品の急速な値下がり、既存 64Mb 品等への想定外の底堅い需要 (同 DRAM の出荷個数ピークは 2000 年) といったマイナス要因によって、最先端製品に込められた微細化・チップ・シュリンクのための卓越した技術を活かせなかった。そして、結果から判断すれば、世界に誇る高い研究開発能力を持ちながら、96 年以降の DRAM 市場構造に関する想定外の急激な変化、そのような変化への対応のもたつき、その一瞬の間 (スキ) を突かれた格好で市場から退却するに至った。

なお、先行者利益追求のためには、本節で強調しているように、研究開発上の優位性のみならず、マーケティング戦略の巧拙が大きく影響する。ただし、DRAM マーケットの先行者や覇者であるか否かの違いが、マーケティング戦略自体に影響を与えると逆のフィードバック関係も考えられる。先行者や覇者であればあるほど、戦略形成に有益なユーザー情報がより正確かつ迅速に環流してくるからである。この点に関し、98 年時点の状況は興味深い。実は、このとき、4 倍化から 2 倍化への変化を望んだのは、ローエンド・PC サーバ (インテル製 MPU を装備したサーバ) のベンダー達であった。

しかも、96 年から 99 年の期間において、PC サーバ出荷台数の世界市場での平均成長率は 52.2% であった。ところが、この期間における日本市場の成長率は、19.5% という低さであった³⁹。しかも、98 年 6 月には、ローエンド PC サーバ向けの画期的な MPU である Pentium II Xeon が発売された。このような状況下では、当時量産の先行者でも覇者でもなくなっていた日本の DRAM メーカーが、ローエンド PC サーバ市場やインテルの製品戦略動向への感度を落としていた可能性も少なからず存在する。ちなみに、サムスンが当初製造した 128Mb・DRAM は、ほとんどがローエンドサーバ向けに販売されたという。

³⁷ Chemical Mechanical Planarization あるいは Polishing の略。

³⁸ 川本・松岡 (1999) ならびに当時の日立関係者への聞き取りによる。

³⁹ http://www.atmarkit.co.jp/fpc/it_market/it_market004/it_market004.html を参照。なお、日本市場でも、99 年以降世界市場の伸び率に匹敵するほどの状況となった。

量産化スピードの低下： 生産システム弱化のインパクト

前述した DRAM マーケットの構造変化には、96 年の DRAM 価格暴落という衝撃的な出来事のみが影響したわけではない。そのことは、この時期を境にして、INTEL 製や AMD 製の MPU (Micro Processor Unit) が、それらの急速な微細化にも関わらず、いずれのチップ面積も一定値以上に増大しなくなっていることにも現れている (McClean Report(2006))。このような現象の背後には、下記のような半導体市場全体に関わる構造的な諸要因が大きな影響を与えている。

- (1) 半導体(200mm、300mm)工場建設・運営費用ならびにそれらを使いこなすための研究開発費 (含む人件費) の急拡大、
- (2) 95 年に発売されたネットワーク機能標準装備の Windows95 に象徴される“ PC の時代 ” の到来、そのことに伴う (特に 98 年以降の) PC・DRAM 搭載量の急速な増大
- (3) ローエンド PC サーバの大量の出現、そのことに伴う高・中・低価格サーバ混在度の増加
- (4) PC と各種サーバを世界的な規模で束ねたインターネット時代の到来、
- (5) 携帯電話・デジタルカメラなどに象徴される本格的なデジタル家電の登場、
- (6) インテル製 MPU ライフサイクル短期化に伴う DRAM ライフサイクルの短期化、
- (7) DRAM 価格低下スピードの一層の加速

これらの要因は、いずれも、チップ面積シュリンク・工場運営効率化 (含むサイクルタイム短縮・仕掛在庫減少)・早期のイールド (収率) 改善の重要性を拡大させた⁴⁰。

半導体生産システム (通常 Factory Integration と呼ばれる) に関しては、多くのエンジニア達の間、ある種の通念が未だに根強く存在している。「少品種多量生産と多品種少量生産では、最適な生産システム自体が異なってくる」⁴¹。前者は従来の DRAM、後者は SOC(System on Chip)に不可欠である⁴²。「DRAM が主体であった 90 年代までの日本の半導体生産システムは、少品種多量生産には向いているが、多品種少量生産には不向きである」といった通念である。たしかに多品種少量生産方式は少品種多量生産に比べてより高度な生産システムが必要になる。ところが、90 年代の日本流・少品種多量生産方式 (いわゆるプッシュ型生産方式) は、現在の DRAM 用生産方式としても妥当しない。実際、上記の通念自身が、量産化スピード低下をもたらした大きな要因の一つとも考えられる。

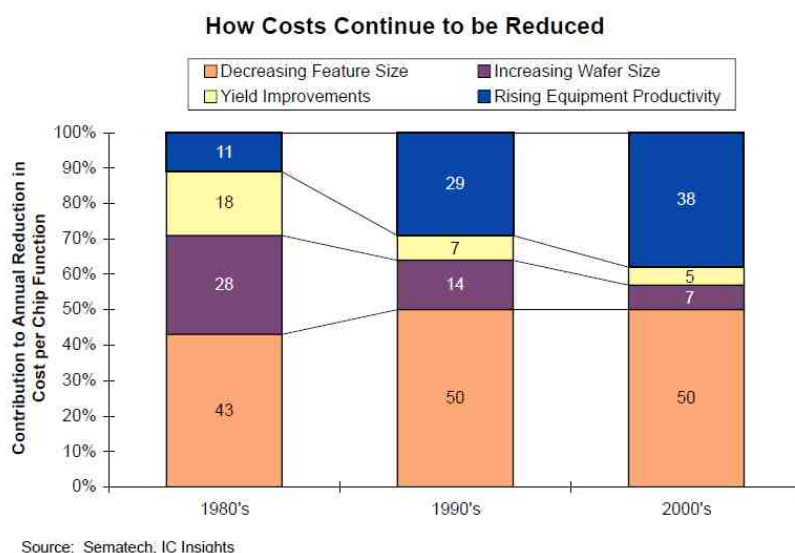
製品ライフサイクルの短縮は、先端 DRAM の価格をも短い期間で急速に低下させる。実際、96 年の価格暴落以後でも、1 年間で半減・1/3 減といったケースが頻繁に起こっている。そのため、時間の経過による機会 (損失) 費用が急増した。その結果、新

⁴⁰ また、や などによって、同じ DRAM でも、用途によるメモリ容量・アクセス速度・(並列処理による)入出力速度・消費電力等に関する製品多様化が急増した。さらに、高・中・低価格サーバの混在度が高まることにより、DRAM メーカーにとって、新世代 DRAM の投入時期を判断ことがより難しくなった。その結果、マーケットの複雑性が急増し、より解像度の高いマーケティング戦略の必要性が高まった。さらに、法人需要に比べ個人需要が急速に拡大したことは、スポット・マーケットの急拡大を促し、DRAM マーケット自体の変動リスクや不確定性を急速に高めた。このことは、事前・事後の想定外の状況変化により機敏に対応できる事業経営の重要性をさらに高めた。

製品の立ち上げ期間の短縮に加え、いかに少ない仕掛在庫（WIP: Work in Process）で量産品のサイクルタイムを短縮できるかが、最も重要な課題となった。しかも、機会費用が急増すると、生産システム上の効率的なサイクルタイム短縮能力が、経営判断としての新製品投入のタイミングを大きく左右するようになる。事実、他者に比べて短いサイクルタイムが実現できていれば、需要変動状況の見極めを生産開始直前まで引き延ばすことができる。さらに、そのような見極めに誤りがあった場合でも、より迅速に事後的な調整ができる。そのため、マーケティング戦略上の柔軟性が拡大する。

また、微細化に伴って不連続的に増大した工場建設・運営費用や研究開発費は、ウェーハ 1 枚当から取れる良品比率（イールド）を高めること、工場や新製品の立ち上げ期間を短縮することの重要性を飛躍的に高めた。チップ・シュリンクや効率的工場運営による原価低減の重要性もさらに高まった。そして、そのためにも、（試作品・量産品にかかわらず）サイクルタイム短縮が重要となった。サイクルタイムが短くなればなるほど、一定の時間内でより頻繁な学習機会が生み出され、高いイールドへの達成速度、チップ・シュリンク速度、より効率的な工場運営ノウハウの早期蓄積に繋がるためである。このような傾向は、図表 2.2.1.11 においても確認することができる。この図によれば、装置の有効利用度とチップ・シュリンクの程度が、今やコストパフォーマンスの 90% 弱を規定するようになってきている。

図表 2.2.1.11 1990 年以降における工場運営ノウハウの重要性急増状況



ところが、このようなサイクルタイム短縮が極めて重要となってきた 90 年代後半以降に、日本の半導体生産システムの競争力弱体化傾向が顕著化した（詳細は、中馬（2007）を参照）。他方、サムスンは、95 年時点で世界最後尾のサイクルタイム実績を自覚し、前述のように、98 年頃までに 65Mb・DRAM で 30 日前後という短縮化を全社一丸となって成し遂げている。マイクロンについては、生産システムについては、さらに外部に流れてくる情報が限られている。ただし、同社を含めた米国半導体メーカーの技術的

なコンサルティングなどを手がけた経験を持つ著者達（Johnson その他（1998））によれば、下記のようなかなり効率的な生産システムを 98 年には既に保持していた。

「マイクロンの強さは、極めて高い士気をもつ細部にこだわる製造部隊を持っているということである。彼らの転職率はほぼゼロであり、愛社精神がかなり高い。その製造“マシン”は、極めて効率的である。生産（システムの）スタイルは、高い品質重視や絶え間ない改善志向を持つ日本的なものとはほぼ同じである。」（19 頁、中馬訳）

両社に生産システムでまで差が付けられていたとしたら、研究開発力の高さを活かすことはなかなか難しかったはずである。

図表 2.2.1.12 新しいプロセス技術とそれらが使用された DRAM 量産品の推移

主なプロセス技術	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997			1998	1999	2000
スタック型 キャパシタ構造			3本Fin(ヒレ)型COB			多層 Polysilicon COB	Crown (polysilicon) COB	Crown (textured polysilicon) CUB	Stacked (textured polysilicon) COB	Stacked (textured polysilicon) COB	Stacked (textured polysilicon) COB	
			日立 (64Mb)			NEC(64Mb)	日立(64Mb)	Micron (64Mb) HSG COB	三菱電機 (64Mb)	Sam sung (64Mb) HSG COB	日立(64M)	
HSG								NEC(16Mb)		NEC(64Mb)		
トレンチ型 キャパシタ構造					TRC (Trench Capacitor)	BPT(buried plate trench)						BEST (buried strap)
					SIEMENS (64Mb)	東芝(64Mb)						東芝(64Mb)
キャパシタ (高誘電)絶縁膜											タンタル酸化膜 (TaOx)	
											日立(64Mb)	
CMP	配線層				配線層及びトランジスタ層(STI)	配線層及びトランジスタ層(STI)	配線層、First for Stacked Capacitor			配線層及びトランジスタ層(STI)、first for Stacked	配線層及びトランジスタ層	
	IBM (4Mb)				SIEMENS (64Mb)	東芝(64Mb)	Micron(64M)			Micron(64M)	日立(64M)	

出典：Chipworks社、Semiconductor Insights社、<http://smithsonian.chipsi.edu/ice/s4.htm>、辰巳他(2002)、ならびに聞き取り

注意1) COB= Capacitor Over Bit Line, CUB= Capacitor Under Bit Line

注意2) Polysilicon= 多結晶シリコン

量産化スピードの低下：サイエンス・ナレッジ結集力の弱化

日本勢のマーケティング戦略失敗や生産システム弱体化の状況は、前節で確認した。それでも、日本メーカーが、DRAMに関連する圧倒的な研究開発上の優位性を保持していれば、90年代末のあれほどの衰退を招くことはなかったのではないかという疑問が残る。本節では、この点について、より技術的なことに立ち入る形で検討してみたい。

以下では、この点を明確にするために、64Mb・DRAM 以降でキーとなったプロセス技術の特徴に焦点を当てる。64Mb・DRAM を重点的に取り上げる理由は、64Mb になってテクノロジーの複雑性が急速に増大し、対応する各社の DRAM 技術が多様化してきたためである。実際、このような複雑性の急増に伴い、量産化スピードをあげるために、企業内だけではなく、企業間にもまたがるナレッジ結集の必要性が急増した。

a . 64M・DRAM のためのキー・プロセス技術

80 年代半ば以降に登場した 4Mb・DRAM 以降では、プロセス技術の中で、キャパシタに関連する高度な技術や CMP を使った高精度のウェーハ研磨技術（後述）の重要性が不連続的に増大した。もちろん、トランジスタの微細化は、この間も、ムーアの法則に従って急速に進展した。その際、CMP は、MPU・DRAM といったデバイスの種類にかかわらず、キーテクノロジーとなった。ただし、DRAM プロセス技術は、一つの特殊事情に直面した。トランジスタが微細化されていっても、0-1 情報を蓄えるために不可欠なキャパシタに要請される静電容量⁴¹がほとんど変わってきていないという特殊事情である。そのため、4Mb 以降の DRAM 量産において、キャパシタの造り込みがプロセス技術上の大きなボトルネックとなってきた。事実、現在の DRAM では、トランジスタに比べて、キャパシタが何倍も大きくかつ複雑になっている。

そのような流れの中で、下記のような日米、特に日立・NEC・IBM 発のプロセス技術上の発見・発明が、量産化に際して重要な役割を果たした（Tung 他（2003））。

- キャパシタの静電容量を飛躍的に高めるスタック型キャパシタやトレンチ型キャパシタといったキャパシタ構造の立体化技術（いずれも日立）⁴²
- 高誘電率⁴³を持つタンタル酸化膜(TaOx)を絶縁膜として使用しキャパシタ静電容量を飛躍的に高める技術（日立）
- キャパシタを構成する導電体多結晶シリコン(Si)⁴⁴の表面積を数倍大きくすることによって蓄積可能な静電容量を飛躍的に高める HSG (Hemispherical Silicon Grains) 技術（NEC）⁴⁵。
- 配線層やトランジスタ層を飛躍的なレベルで平坦化するための CMP 研磨技術（IBM）
- （CMP 技術を使って）トランジスタを構成する素子間の相互干渉を軽減させ、トランジスタの制御性を飛躍的に高める STI(Shallow Trench Isolation)素子分離技術（IBM）

⁴¹ 静電気の蓄積量。

⁴² トランジスタの上に積み重ねるスタック(積み重ね)型と、トランジスタが形作られるシリコン基盤に溝を掘るトレンチ(溝掘り)型がある。キャパシタ構造の立体化(3次元化)は、4Mb・DRAM ではじめて導入された。

⁴³ 電気(電荷)を蓄える能力をもつ物質を高誘電体、電気(電荷)を蓄える能力の指標を比誘電率という。

⁴⁴ 単結晶では原子同士が規則正しく整列しているが、多結晶では色々な間隔で規則的に並んだ原子の集まり(結晶粒子)が多く存在している。

⁴⁵ キャパシタは、導伝体(電気を通す物質)の間に絶縁膜を挟んだ構造になっている。そして、他の条件を一定とした場合、この導伝体の表面積が広ければ広いほど大きな電荷を蓄えることができる。HSG 技術とは、導伝体表面を凸凹にして表面積を飛躍的に大きくする技術である。

図表 2.2.1.12 には、64Mb・DRAM において、これらの基幹プロセス技術が、日米韓欧の DRAM メーカーによってどの時期に量産導入されていたかが示されている。この表では、第 1 列に前述した主要なプロセス技術、第 1 行にそれらの技術が導入された年次が明示されている。各々のプロセス技術内の 3 つの行は、最上段が同技術の改良版の名前、真ん中の がその技術の使用開始時期、最後の段がそれらを導入した半導体メーカー名を示している。

b . HSG 技術の量産化の遅れとその要因

図表 2.2.1.12 の第 2 列目に示されているように、HSG 技術が、開発元の NEC によって本格的に量産導入されたのは 98 年の 64Mb・DRAM である。ところが、第 1 列目に示されているように、HSG に酷似した（糸がよじれてほつれたような）繊維形状⁴⁶のキャパシタをもつ 64Mb・DRAM 量産品が、97 年にマイクロンと三菱電機、98 年にサムスンから発売されている。ただし、2 万倍の電子顕微鏡写真で比較した場合、これらの 3 社の中でマイクロン製の繊維形状が最も端正でハッキリしている。また、サムスン製のキャパシタも、マイクロンほどではないが、繊維形状が顕著である。他方、三菱製のキャパシタには、2 万倍では繊維形状がそれほど明確に判別できない。同じことは、96 年の NEC 製についても言える。したがって、98 年時点で HSG をかなりの程度まで量産適用できていたのは、NEC、マイクロン、サムスンの 3 社である。

NEC が HSG の量産化で（相対的に）遅れた理由については、いくつかの公開データが、重要な手掛かりを与えてくれる。NEC が HSG に関して日本特許（第 2545997 号）出願したのは 1989 年（登録 1996 年）、米国特許(5366917)出願が 1991 年（登録 1994 年）である。また、IEDM での最初の HSG 関連発表も、1990 年に同社によってなされている。ただし、マイクロンは、HSG 関連の米国特許（5037773）を NEC よりも先の 1990 年 1 月に出願している。しかも、IEDM での発表も、1990 年 12 月に NEC と同じセッションで行っている。加えて、IEDM での発表前の同年 7 月に、IEEE Electron Device Letter でも論文発表し、上記の特許を参考文献として挙げている。

⁴⁶ HSG (hemispherical grain)構造のキャパシタは、“textured”、“texturing”、“rugged”、“modulated stacked”とも呼ばれている(Tung, Sheng and Yuan (2003))。

図表 2.2.1.13 IEDM に見られるマイクロン・Fazan 氏との HSG 関連共同研究状況 (90 年～95 年)

名前	所属 (当時)	研究テーマ (当時)	Ph.D.	出身国	備考	IEDMでの共著回数	共著年次	DRAM関連特許数 (現)
Pierre C. Fazan,	マイクロン (89年入社)	HSG、キャパシタ関連	Institute of Technology (EPFL), Lausanne	Swiss	97年より左記EPFL教授	(15)	(15)	135
Dim -Lee Kwong	テキサス大学オースチン (U. Texas at Austin)校教授	High-k材料他	Rice University	Taiwan	IBMのVisiting Scientist、IBMの4 Mb DRAM開発に関与	6	92 (4), 93 (1), 94 (1)	
Jack C. Lee	U. Texas at Austin校教授	High-k材料・絶縁膜・電極他	U.C. Berkeley			1	92 (1)	
Liang -Kai Kevin Han	UT_Austin/Ph.D. 学生		U. Texas at Austin	Taiwan	95年より IBM	1	94 (1)	
Giwan Yoon	UT_Austin/Ph.D. 学生		U. Texas at Austin	Korea	85-90年Gold Star	1	94 (1)	
Aniruddha B. Joshi	ロックウェル社		U. Texas at Austin	India		1	94 (1)	
Hiang Cheong Chan	マイクロン (90年入社)		U. Texas at Austin				92 (1), 91 (1)	22
S. Itoh	UT_Austin/Ph.D. 学生		U. Texas at Austin	Japan	その後 NEC SONY	2	92 (1), 93 (1)	
Viju K. Mathews	マイクロン (89年入社)		U. Texas at Austin	India		12	91 (1), 92 (6), 94 (2), 93 (3)	18
G. Q. Lo氏	IDT		U. Texas at Austin			5	92 (3), 93 (2)	
Shubneesh Batra	マイクロン (93年入社)		U. Texas at Austin	India		1	93 (1)	55
Hyunsang Hwang	LGセミコン (92年～)		U. Texas at Austin	Korea		1	92 (1)	
R. P. S. Thakur	マイクロン (91年入社)		U. of Okurahoma	India	その後 Steag AMAT SunDisk	1	94 (1)	199
R. Maddox氏	ロックウェル社					2	92 (1), 93 (1)	
Akram Ditali	マイクロン					4	90 (1), 92 (3)	4
Roger R. Lee	マイクロン					1	90 (1)	58
C. Dennison	マイクロン (88年入社)				2000年にOvonyxへ	1	93 (1)	194
N. Sandler	Lam Research					2	92 (1), 93 (1)	
John Rosato	マイクロン		U. of Connecticut		92年にSCP Global Technologiesへ	1	92 (1)	0

HSG に関する米国特許出願や IEDM での発表をマイクロン内で中心的に行っているのは、Pierre Fazan 氏⁴⁷ (1989 年にローザンヌ (スイス連邦) 工科大学で物理学の Ph.D. 取得) である。彼のマイクロン入社は 89 年であるから、特許出願・論文発表とも異例の速さである。彼のマイクロン入社前の研究論文はいずれもキャパシタ関連であり、1987 年の Solid State Electronics 誌などに 3 本 (うち 2 本が First Author) ある。⁴⁸ したがって、Fazan 氏自身は、当時から優れた研究開発者であったと言える。ただし、Ph.D. 取得が 1989 年であることから判断すると、90 年時点では、少なくとも HSG に関する限り、未だナレッジ創造の側ではなく、ナレッジ活用の側にいたと類推される⁴⁹。

それでは、マイクロンでは、どのような形で HSG 関連ナレッジの活用・創造が行われたのであろうか？ 答えの一つは、90 年～95 年における Fazan 氏の IEDM 関連論文での共著者 19 名のプロフィールが教えてくれる。それらのデータによれば、Fazan 氏なら

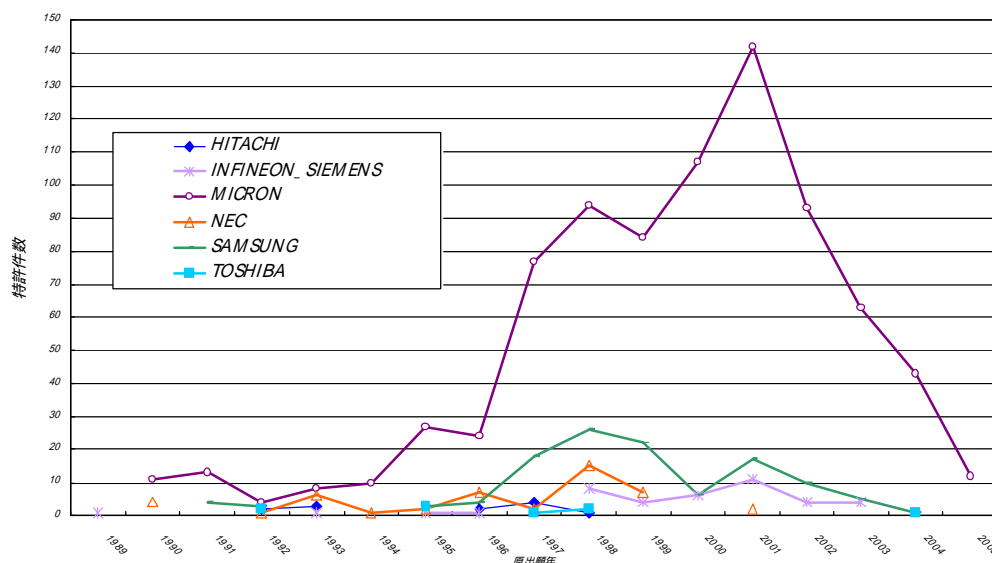
⁴⁷ Fazan 氏は、革新的なメモリ技術として現在脚光を浴びているキャパシタレス DRAM (ZRAM: Zero-Capacitor DRAM) の発明者でもある (IEEE Spectrum 2006 年 1 月号 “Winners & Losers” 参照)。

⁴⁸ Science Direct 等で検索。

⁴⁹ この分野の専門家によれば、当時、スイス・ローザンヌ工科大学は、キャパシタに関して相当に進んだ研究を行っていたという (大手半導体メーカー設計者への中馬の聞き取りによる)。

びにマイクロンの同僚達が、テキサス大学オースチン校の高誘電率（high k）膜用材料を専門とする教授（2 名）と共同研究開発している様子、そこに米国の有力半導体製造装置メーカーであるラムリサーチ社も関与していた様子がうかがえる。また、当時共同研究に院生として 6 名参加していて、テキサス大学で Ph.D. 取得後、マイクロンに入社している人々も（分かっているだけで）3 名いる。しかも、このプロジェクトに参加しているその他のマイクロン・エンジニアの多くが 90 年前後の入社である。さらに、最近に至るまで、マイクロンは、HSG 関連で同業他社を圧倒する 823 件の HSG 関連米国特許を登録している。その様子は、時系列的な傾向にも示されている（図表 2.2.1.14 参照）⁵⁰。マイクロンの HSG 関連特許でさらに興味深いのは、トップテンの特許発明者のプロフィールである。彼らは、694 件（総特許数の 84%）の特許に絡んでいるが、そのうちの 3 名が元 IBM 出身者である。また、Fazan 氏との上記共同開発にたずさわったマイクロン・エンジニア 4 名もトップテンに入っている。さらに、残りの 3 名のマイクロン・エンジニアも、マイクロンと縁の深い IBM 研究者との共同特許出願や IEDM 共同論文発表が目立っている。このような傾向は、次節の CMP 関連特許に関しても当てはまる。ナレッジの活用に際して、マイクロンと IBM の深い結び付きが垣間見える。

図表 2.2.1.14 HSG 関連特許の企業別登録件数：現出願別集計



それでは、サムスン、どのような戦略をとったのであろうか？そのことを知るために、すべての年次にわたって重複のない形で集計した「発明者数」＝「研究者数」を導出・比較してみた。この「研究者数」は、各社の研究開発人材の層の厚さを知る上で有用である。マイクロンの「研究者数」は、126 名である。他方、サムスンの場合、米国特許件数がマイクロンの 1/8（119 件）であるが、「研究者数」が 186 名とマ

⁵⁰ なお、日立・NEC 合併のエルピーダ、日立・三菱合併のルネサスの HSG 関連特許は、各々一桁台であるから、たとえ特許が日立・NEC から譲渡されたとしても、その影響はほとんど無視できる。

イクロンの 1.5 倍に達している⁵¹。さらに、サムスンの HSG 関連米国特許 (5134086) の出願は、NEC と同じ 1991 年 (NEC が 3 月でサムスンが 10 月) とかなり素早かった。しかも、この特許に参考として挙げられている HSG 関連論文 (5 本) と特許 (1 件) は、前者が日立・NEC (2)・富士通・沖電気のもの、後者が NEC の日本出願特許である。これらの事実から、サムスン流の戦略として、「研究開発者を大量に投入して社内外のナレッジ活用・創造を素早く行う」スタイルが見えてくる。この点は、次節の CMP に関しても顕著である。

他方、NEC の米国特許 47 件 (「研究者数」32 名)、日立 15 件 (「研究者数」36 名) と、両社の HSG 関連特許件数・「研究者数」は、マイクロンやサムスンに比べて共に一桁少ない。また、日立の HSG 関連米国特許出願 (5444302) は、サムスンよりさらに一年超遅れて 93 年 12 月となっている。この辺り、日立のいわゆる NIH (Not -Invented - Here) 症候群が現れている可能性が高い⁵²。正直なところ、研究開発人員の差も、日立・NEC が、HSG 量産化のスピードでマイクロンやサムスンに劣後してしまった理由の一つだと思われる⁵³。

c . CMP 技術量産化の遅れとその要因

CMP 技術は、IBM が 80 年代初頭より秘蔵してきたキーテクノロジーとして有名である。同社は、その有用性を、1989 年の IEDM ではじめて公開した。⁵⁴ IBM は、この虎の子の CMP 技術を 1987 年にインテル、1988 年にマイクロンにクロス・ライセンス供与した (Perry (1998))。IBM 歴史録によれば、IBM は、同年マイクロンとのメモリに関する共同研究開発も開始している⁵⁵。日米半導体協定下において米国半導体メーカーの間にあった拳国一致志向の強さ、後述するマイクロンのナレッジ活用の一流さを物語る逸話でもある⁵⁶。

CMP 技術導入前は、相当に匠的な技能・技能を要する平坦化技術 (特に SOG: Spin-on Glass と REB: Resist Etchback 技術) が不可欠であった。ところが、CMP 導入により、

⁵¹ そのことを反映し、サムスンで発明特許数が一番多い人は 12 件であるが、マイクロンでは 140 件と大きく異なっている。

⁵² 他人の真似をせず常に Something New を追い求める傾向。この傾向は、ナレッジの創造に比べ活用をやや軽視する傾向を生みがちである。

⁵³ なお、NEC は、サムスンと 1994 年 2 月に 256MbDRAM セルに関する共同開発に合意、さらに 96 年 3 月には製造技術の共同研究に合意している。また、16Mb/SDRAM についても同じような形の共同研究が行われた。さらに、同社は、90 年代前半にマイクロンとも販売・生産提携契約を交わした。

⁵⁴ また、日本人にとっては興味深い話であるが、IBM が 80 年代初頭に CMP 技術の研究・開発を開始する際に、日本人 IBM 研究者の小倉 (Ogura Seiki) 氏 (早稲田理工学部出身) が主導的な役割を果たしたという (日立中央研究所在職中にスタックキャパシタを発明した東北大学・小柳博士談)。なお、小倉氏は、ホットエレクトロン (hot electron) 効果 (自由電子 = ホットエレクトロンが引き起こすトランジスタ閾値の乱れ等の劣化現象) を劇的に軽減させてトランジスタの制御性を高める LDD (Lightly Doped Drain) 構造技術を IBM で発明した人物としても有名である。ちなみに、LDD は、1Mb・DRAM から不可欠な技術として導入されている

⁵⁵ http://www-03.ibm.com/ibm/history/history/year_1989.html や Perry (1998) 参照。ちなみに、Perry 女史は、元 IBM の CMP 開発者、その後 SEMATECH, Motorola, Applied Materials, Cabot 等で重要な職位を歴任してきている (http://www.cabotcmp.com/investor_news/10k.pdf)。

⁵⁶ IBM は、80 年代後半に、この CMP 技術を自社製 4Mb・DRAM で最初に量産に適用した。本論で用いた電子顕微鏡写真付きの解析レポート (Semiconductor Insights 社) の一つにも、この 4Mb・DRAM に関するものが含まれている。

そのような技術・技能が不要になった。また、CMP によって理想的な平坦度が得られるようになったことは、製造以外の所でも大きな便益をもたらした。その一つは、プロセス技術全体を、より詳細にモジュールに分割できるようになったことである。その結果、設計・製造上の自由度が格段に向上した（角南（2006））。

加えて、特定の論理回路をより少ないトランジスタ数で実現するためのアイデア等々が、一目瞭然性の高まりと共に、より湧きやすくなった。また、モジュール間の相互依存性を理論化しやすくなったため、より精度の高いシミュレーションが可能となった。そのことは、他の条件を一定としたときの問題発見・解決スピードを加速させ、一定期間内により多くの学習機会を生み出すので、結果としてより短い学習期間でイールド向上を可能とした。このように、CMP 技術の導入は、広範囲な外部効果をもたらした。

図表 2.2.1.12 の第 4 列目は、CMP 技術の各社における量産導入状況を示している。この表によれば、少なくとも 90 年代末に至るまで、IBM とアライアンスを組んでいた東芝を例外として、日本メーカーの導入がかなり遅れた。事実、日立の場合、前述のように、CMP の導入は、各種の最新技術が盛り込まれた 99 年の 64Mb・DRAM 適用が最初であった。他方、マイクロンでは、図表 2.2.1.12 に示されているように、まず、CMP を 97 年の 64Mb 量産品の配線層に用いた。そして、98 年にはトランジスタ層にも CMP を量産適用した。しかも、サムスンや日本メーカーでは 256Mb 以降に導入する前述の STI(Shallow Trench Isolation)素子分離技術（IBM）が 64Mb で実現されている⁵⁷。

このような CMP 量産適用の速さは、同社の CMP への多大な開発リソースの投入状況によっても知ることができる。例えば、（最近までの）マイクロンによる CMP 関連特許登録数（3133 件）は、本家本元の IBM の 2030 件を 50% も上回っている。また、同社のナレッジ活用ぶりを知る上で興味深いのは、マイクロン CMP 関連トップテン発明者のうち、実に 7 名が（IBM、Philips、Intel、Mostek、Kodak 等の）米欧メーカーの出身者達と推定される点である⁵⁸。さらに、他社経験のないマイクロン社員と類推されるトップテン内の 2 名（いずれもアイオワ州立大学 Ph.D.）も、トップテンならびに他の IBM 出身者や Motorola、Applied Materials などとの共同発明や共同研究を頻繁に行っている⁵⁹。このような状況は、図表 2.2.1.15 によっても、より鮮明に確認できる。

⁵⁷ ちなみに、IBM による CMP を使った STI の実現は、16Mb・DRAM である。

⁵⁸ マイクロンを特許権者とする特許以前に、これらの半導体メーカーを特許権者とする複数の特許を登録している等々の情報やインターネット情報を活用して推定。

⁵⁹ この表は、特許権者である日立・NEC・マイクロン・サムスンの CMP 関連特許発明者数をまず特定し、それらの発明者と同姓同名である発明者を特定デバイスメーカーや CMP 関連装置メーカーの発明者にマッチングさせて作成したものである。ニックネームやミドルネームの有無などの表記の揺れについては、辞書を作成するなどして可能な限り避けた。ただし、依然として、誤差が含まれることに注意されたい。

図表 2.2.1.15 「同名発明者」マッチングによる）CMP 関連メーカー間共同研究開発状況

Hitachi				Micron Technology			
同名相手企業名	同名発明者数	発明者名	特許出現頻度	同名相手企業名	同名発明者数	発明者名	特許出現頻度
Texes Instruments	8	ASANO, ISAMU	32	IBM	6	BHATTACHARYA, ARUP	18
		ENOMOTO, HIROYUKI	4			FARRAR, PAUL A.	72
		KAERIYAMA, TOSHIYUKI	6			GIVENS, JOHN H.	40
		NISHIMURA, MICHIO	7			JOST, MARK E.	21
		SUKEGAWA, SHUNICHI	2			NOBLE, WENDELL P.	116
		TSU, ROBERT	5			PAN, PAI-HUNG	38
		YAMAZAKI, KAZUO	3	INTEL	3	DENNISON, CHARLES H.	114
		YASUDA, MASAYUKI	2			LOWREY, TYLER A.	64
Toshiba	2	ABE, MASAHIRO	6			SHARAN, SUJIT	35
NEC	2	AOKI, HIDEO	17	MOTOROLA	6	BROWN, NATHAN R.	8
		WATANABE, KENJI	3			KIM, SUNG C.	7
Ebara	1	YOSHIDA, MAKOTO	18			KIRSCH, HOWARD C.	4
		WATANABE, KENJI	4			MANZONIE, ADAM	3
Shinetsu	1	KOBAYASHI, MAKOTO	3			YU, CHRIS C.	24
合計	14		112			ZHU, THEODORE	13
NEC				Texas Instruments	7	CHO, CHIH-CHEN	10
TOSHIBA	3	HAMAMOTO, TAKESHI	5			KWOK, SIANG P.	4
		HAYASHI, KAZUHIKO	7			LARSEN, JODY D.	4
		SEKINE, MAKOTO	6			RICHARDSON, WILLIAM F.	3
HITACHI	2	WATANABE, KENJI	3			VISKAY, MARK	7
		YOSHIDA, MAKOTO	18			WU, ZHIQIANG	33
EBARA	1	WATANABE, KENJI	3			ZIELINSKI, EDEN	3
MICRON	1	DRYAN, JOHN M.	12	NEC	1	DRYAN, JOHN M.	12
SUMITOMO	1	TAKASHIMA, MASAYUKI	3	RODEL	1	MANZONIE, ADAM	3
合計	8		57	CABOT	1	YU, CHRIS C.	16
Samsung				APPLIED	3	DOAN, TRUNG	10
INFINEON	2	KANG, WOO-TAG	6			ROBINSON, KARL M.	91
		KIM, WOOSIK	2			THAKUR, RANDHIR P. S.	61
IBM	1	SIM, JAI-HOON	2	NOVELLUS	1	SMITH, DAVID	2
INTEL	1	LEE, JONG-WON	11	SPEEDFAM	2	GRIEF, MALCOLM K.	7
合計	4		21	合計	31		843

もちろん、(事前・事後双方の意味での)研究開発力の比較としては、特許件数による比較はバイアスを持つ。会社の方針によって、1 特許当の共同発明者数やクレーム数の多寡に大きな違いのあることが多いからである。このようなバイアスを勘案するため、特許件数の代わりに、各年次において重複のない発明者数(「研究者数」と呼ぶ)を用いて各社の推移を示したのが図表 2.2.1.16 である。この図表 2.2.1.16 によれば、マイクロンの「研究者数」は、IBM の半分ほどであるが、90 年代には常に IBM を除くとトップの位置を占めている⁶⁰。「研究者数」でも同社の検討ぶりが目立つ。

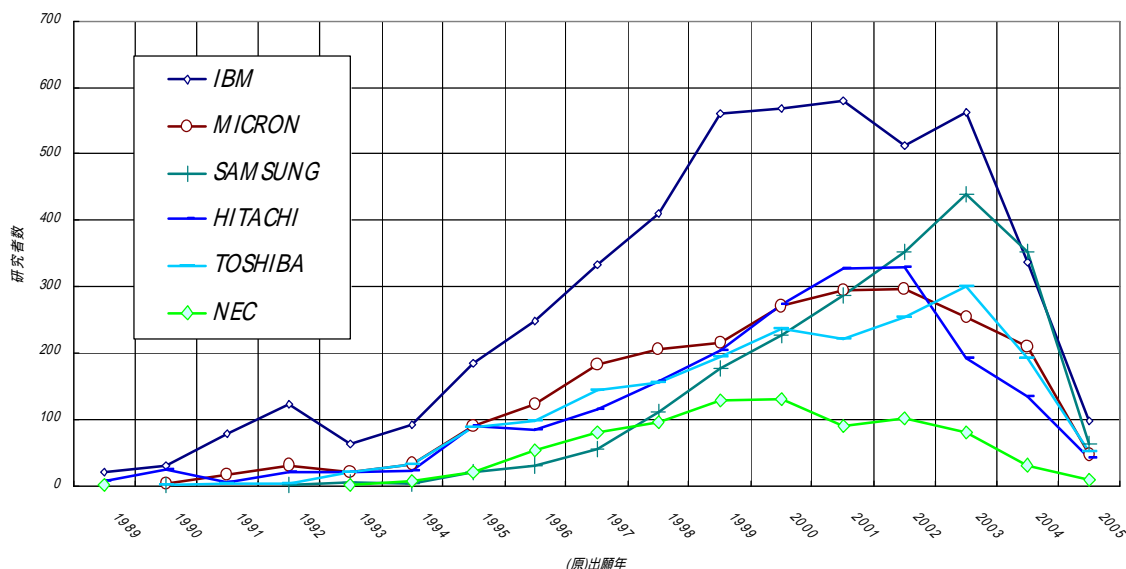
日本メーカーの中では、90 年代初頭より IBM とアライアンスを組んだ東芝の「研究者数」が多い。ただし、日立も 90 年末頃には東芝に勝るとも劣らない陣容を整えている。また、サムスンも、96 年以降に急速に CMP 関連「研究者数」を増やし、2002 年には IBM に次ぐ陣容を誇るようになった。対照的なのが、NEC である。特に、サムスンに 98 年に「研究者数」で抜かれた後、同業他社のレベルと比べると「研究者数」がかなり少なくなっている。しかも、その後もあまり増加せず、98 年をピークに減少に転

⁶⁰ 「研究者数」を用いると、他社より一桁多い特許件数を誇るマイクロンと他社の圧倒的な差がなくなる。マイクロンでは、多くの研究開発者が、他社に比べて圧倒的に多くの特許を出しているためである。例えば、マイクロンでは 100 件以上の CMP 関連特許を出している人々が 8 名もいる。ところが、他の有力半導体メーカーでは、そのような発明者は、IBM に 1 名いるのみである。

じている⁶¹。

NECの開発リソースの少なさは、先に定義した年次を越えて重複のない「研究者数」の違いにより顕著に現れている。事実、NECのCMP関連特許件数は729件であるが、「研究者数」は463名である。他方、サムスンは、特許が1019件であるが、「研究者数」が1017名でNECの二倍強も多い。日立の場合、特許件数は606件とNECより少ないが、「研究者数」は925名であり、サムスンにほぼ比肩する。興味深い事実であるが、NECの「研究者数」は、同社より3倍の特許数を誇るマイクロンの「研究者数」485名とほぼ同じである。したがって、マイクロンでは、同じ研究開発者が、他社に比べて毎年数多くの特許を出してきていることになる。ナレッジの創造よりも活用をより重視している同社のスタンスがここでも浮き彫りになっている。もちろん、マイクロンは、このような「研究者数」の少なさを、IBM等の社外の研究開発者との共同発明・共同研究開発によって補っている（図表2.2.1.15参照）⁶²。他方、NECの場合、少なくともIEDM論文や日米特許を見る限り、当時は、研究・開発共に自前主義の傾向が強かった。この点は、CMP技術導入の遅れと共に、同社の量産化スピードを律速させる要因の一つになったと思われる。

図表 2.2.1.16 CMP 関連の研究者数 ((原)出願年集計)



⁶¹ NEC エレクトロニクス分を勘案しての数値。

⁶² なお、各社の発明者数は、あくまでも、各社の特許権者とした数である。例えば、マイクロンでは、DRAM 全体、CMP、HSG のいずれの関連特許に関しても、トップ発明者は、Leonard Forbes 氏 (IBM HP オレゴン大学) である。マイクロンの特許権者とする同氏が関連する DRAM 関連特許は、450 前後に達している。また、トップ発明者の住所も、長期間にわたって NY 州やオレゴン州、カリフォルニア州等々と多彩である。

d. キャパシタ高誘電率膜 (high k) に関する高度な技術優位性⁶³

図表 2.2.1.12 の 4 列目には、タンタル酸化膜を使ったキャパシタ高誘電率 (high k) 膜技術の量産適用状況が示されている。同表が物語っているように、関連する物理現象を理解・応用する (=サイエンス・ナレッジを創造・活用する) ことが桁外れに難しかったことから (廣瀬 (2007))、各社共になかなか量産品に取り入れることができなかった。そして、日立が、1999 年にはじめて 64Mb・DRAM に量産適用した。この技術は、その後も、しばらくの間は、他社の追従を許さないほどの優位性を誇ってきた。現在でも、タンタル酸化膜と HSG の技術は、日本で唯一の DRAM 専門メーカー・エルピーダの優位性を支える基幹技術となっている。実際、サムスンも、タンタル酸化膜の使いこなしに苦労したと言われている。そのことを反映し、同社は、最近の最先端 DRAM において、定番であった酸化窒化膜やシリコン窒化膜から、一気に ALD (Atomic Layer Deposition) 法を使用したハフニウム系のキャパシタ絶縁膜 (Al₂O₃-HfO₂) プロセス⁶⁴を開発することになった (橋本 (2004))。

日立の技術優位性は、タンタル酸化膜を含むキャパシタ絶縁膜関連特許件数やそれを支えた「研究者数 (年次をまたがって名前が重複しない発明者数)」にも顕著に現れている。たしかに、マイクロンの特許数は 649 件で、日立の 168 件を上回っている。ところが、マイクロンの「研究者数」148 名に対して、日立の「研究者数」は 311 名にも上る。他方、サムスンの特許件数 84 件・「研究者数」110 名、NEC の特許件数 116 (含む NEC エレクトロニクス)・「研究者数」78 名となっている。日立の high k 膜に関する技術優位性が、このような他社を圧倒する研究開発人員にも起因していたことが類推できる。

(5) まとめとインプリケーション

本稿では、テクノロジーとマーケットの複雑性が急増するに伴い、サイエンス・ナレッジ創造の場と活用の場とが不可避免的に大きく専門・分化していくサイエンス型産業、特にその中の半導体産業を分析対象とした。そして、同産業の競争力が、誠にアイロニカルであるが、大きく専門・分化していくナレッジ創造の場と活用の間を企業内・企業間で有機的に結びつける組織イノベーションの成否に大きく依存していることを、日本の DRAM ビジネス盛衰プロセスの事例に基づいて指摘した。

日本の半導体産業は、1996 年の想定外の DRAM 価格暴落を機に、未だ研究開発上の

⁶³ 図表 2.2.1.4 の 4 列目にあるトレンチ型キャパシタ技術については、本論では、紙幅の都合上割愛した。なお、トレンチ型キャパシタについては、4Mb・DRAM 以降は、IBM・東芝・Siemens のみに採用された。(NEC は 1 MbDRAM で採用したことがある。TI の採用も 16MbDRAM までである。) しかもこの三社は 90 年代初頭から、特に IBM の 4Mb に適用された CMP 技術を核として緊密なアライアンスを組み、64Mb (IBM・Siemens) ないし 256Mb (IBM・Siemens・東芝) を共同開発・量産化した経緯がある。そのことを反映し、検討した 95 年の Siemens 製 DRAM の電子顕微鏡写真には IBM のマークが、そして、96 年の東芝製 DRAM には IBM と Siemens の三社のマークが入っている。したがって、量産品に導入されているプロセス技術の日米独間で差はほとんどない。ただし、Siemens (その DRAM 会社 Infineon、現 Quimonda) が 1 年早いのは、IBM とのアライアンス開始が早かったことを反映していると思われる。

⁶⁴ ハフニウムオキシド (HfO₂) とアルミニウムオキシド (Al₂O₃) の層状構造を持つ high k 絶縁膜は、タンタル酸化膜より高い静電容量を持っている。

優位性を保持していたにも関わらず、急速にそのシェアを落としていった。その原因の一つとして、企業内の研究開発部門、製造部門、マーケティング・営業部門の間における「情報の同期化」の不足が挙げられる。また、そのことが、64Mb まで 4 倍化してきたメモリ容量が、それ以降に 2 倍化していく潮目の読み違いに象徴的に現れている。さらに、そのような読み違いの背景に、「先行量産品は、少々チップ面積が多くても売れる」との研究開発者達の通念が強く影響した。マーケティング・営業部門の肌感覚が、研究開発部門に伝わりにくかったことによると思われる。

上記の同期化不足は、研究開発部門やマーケティング・営業部門と製造部門の間にも生じていた。実際、90 年代後半の DRAM マーケットでは、仕掛在庫を最低限に留めサイクルタイムを短縮することの重要性が飛躍的に高まった。ところが、90 年代末に至るまで、多くの日本メーカーは、旧来のプッシュ型生産方式に固執し続けた。そこには、旧来の標準全部原価計算方式を保持し続けて来たことによる原価低減意欲の鈍化も強く影響していた。このような生産システムの弱化は、事業経営上の事前・事後の柔軟性をも低下させた。そのことは、当時の研究開発上の優位性が、量産化スピードの増加に繋がらなくなった一因ともなった。

日本メーカーの量産化スピード鈍化は、64Mb・DRAM に象徴的に示されたテクノロジーの複雑性急増にも強く制約されていた。その一つの要因は、複雑性急増のため、量産化に不可欠な各種のプロセス・設計技術の活用・統合を自社内で閉じた形で迅速に行うことの難しさが倍加したためである。本稿では、この点を明らかにするため、64Mb・DRAM で初めて使用された HSG、CMP、タンタル酸化（絶縁）膜といった基幹プロセス技術の各社毎の量産品適用時期や適用プロセスについて詳細に検討した。そして、マイクロン・サムスンが、量産化スピードでナレッジ創造型の旗頭であった日立をも凌駕するに至る状況や要因を確認した。

マイクロンの場合、IBM との長期にわたる緊密な共同研究・開発に加え、優れて即戦的な人材を外から補充する戦略を用いた。言い換えれば、当時から「テクノロジー・マーケティング」に秀でていた。さらに、HSG や CMP については、大量の研究開発人材を投入した。サムスンの場合、米国帰りの優秀な外部人材の積極的活用に加え、HSG や CMP に関してマイクロンをも相当に上回る圧倒的な数の研究開発人材を投入した。他方、日立・NEC の場合、自前主義にこだわる傾向も強く、マイクロン・サムスンに比べ、HSG や CMP への研究開発人材投入自体も少なかった。加えて、特にマイクロンに比べ、両社共に CMP 技術の導入が相当に遅れた。その結果、基幹プロセス技術の活用・統合で遅れをとった。さらに、NEC の場合、90 年代後半以降において、HSG、CMP、キャパシタ高誘電率膜技術のいずれにおいても、量的な意味でも研究開発人材が相当に不足気味であった。他方、日立が 99 年に量産適用したキャパシタ高誘電率膜技術については、その物理現象理解の難度から、ナレッジ活用型のマイクロン・サムスンが、数年の間キャッチアップできなかった。この技術は、前述のように、その後現在に至るまで、NEC 発の HSG 技術と結びついて現エルピーダの基幹技術となっている。

(6) 今後の調査・研究課題の提案

半導体産業は、Moore の法則にしたがって急速に微細化を推し進めてきた。ところが、More-than-Moore の流行り言葉に象徴されるように、いまや、複雑化した微細化技術を駆使し、いかにして急増する多様な潜在需要を汲み上げて応用製品として顕在化させるかという難問に直面しつつある。その主因は、「需要の潜在化」現象⁶⁵である。そのことは、2000 年以降の ASSP (application specific standard product) や FPGA (field programmable gate array) のような需要が顕在化する直前まで決定を遅らせ、需要が顕在化した後にできるだけ早く供給するといった柔軟性を持つ半導体デバイスへの需要急増現象に端的に示されている。このような状況では、部門間や企業間における情報の共有化・同期化に加え、新たに様々なユーザーとの情報の共有化・同期化という難問が付け加わる。

そして、このような新たなテクノロジー・マーケットの複雑性増大に直面し、日本メーカーの多くは、SOC (system on chip) ビジネスでも、なかなか頭一つ抜け出せない状況にある。しかも、その根本要因は、残念ながら、依然として本論で示した DRAM ビジネス衰退の要因(「組織の限界」)と酷似している。言い換えれば、半導体産業の競争力弱化の大きな原因の一つは、イノベーションを効果的かつ迅速に実現するために、企業内外に散在する異質な専門知識を持つ人々の叢智を広範囲にわたって迅速に結集する組織経営方式の弱化にある。そして、この点こそ、本 FS 調査研究が明らかにした日本の半導体産業(より一般的にはサイエンス型産業)の現状であり、今後克服すべき重要な課題だと思われる。

したがって、今後の調査研究では、下記のような点に関してさらに深く掘り下げた調査研究が求められる。より具体的には、次のような方向において本研究を推し進めることが重要であると考えられる。第一に、本稿では、半導体産業、特に同産業が直面した DRAM 盛衰プロセスの事例に限定した調査研究を行っている。ただし、そこで得られた知見の一般的な妥当性を確認するためには、アンケート調査結果などの大量サンプルに基づく検討が必要である。そのため、他の研究プロジェクトで 2 年間にわたって(筆者の一人である中馬が)実施した応用物理学会・電子情報通信学会に対するイノベーション発現プロセスに関するアンケート調査に基づく分析が必要である。また、イノベーション発現プロセスにかかわる基礎・応用研究から製品化に至る連鎖状況を明らかにするためには、加えて新たに日本物理学会への同種のアンケート調査実施・分析が強く望まれる。

次に、本稿では、主に 64Mb・DRAM ではじめて導入された日米発の HSG、CMP、タンタル酸化(キャパシタ絶縁)膜に関する US 特許と ISSCC や IEDM 等の論文をあわせて調査・研究対象とした。ただし、そこでの分析は依然として限定的なものであった。日本の半導体産業が抱えるイノベーション発現プロセス上の本質的な弱点をより明確にするためには、本論で展開した特許・論文の分析を、過去数十年にわたる日本特許、

⁶⁵ メーカー側が自社製品の有用性を自社内で閉じた形で理解できなくなる一方、ユーザーの方も自分達だけでは自らの欲しいものをなかなか明示できなくなる現象。

CICC (Custom Integrated Circuits Conference) 発表論文、応用物理学会 (春・秋予稿集) 等の追加的な資料を交えつつ、さらに検討する必要がある。しかも、そのためには半導体設計・プロセス技術に詳しい専門家や大量の特許・論文データを AWK や PERL などのスクリプト言語によって効率よく処理するための専門家が不可欠である。これらの専門家とのコラボレーションが達成されれば、日本におけるイノベーション発現プロセス上の弱点をより鮮明に客観データ化できると考えられる。

最後に、本稿で指摘した企業間 (特に同業他社間にまたがる水平的な企業間) における叡智の結集 (= 企業・組織における情報共有・同期化) の必要性は、世界規模の半導体技術ロードマップ活動、R&D コンソーシアム活動、企業間アライアンス活動の急速な高まりに反映されているように、テクノロジーやマーケットの複雑性急増と共に急速に高まっている。ところが、残念ながら、90 年代半ば以降、日本では 10 近い半導体関連 R&D コンソーシアムが設立されてきたが、異業種間に加えて同業他社間の利益相反問題の深刻さにより、期待されたスピードで十分なイノベーションの成果を上げることには窮している現状がある。この辺りの問題については、従来、組織メカニズムを研究対象として取り上げてきた理論経済学でも十分に研究されてきていない。したがって、企業間にまたがるより効果的な組織経営メカニズムを経済理論的な視点からモデル化する試みが要請されている。今後は、実態を十分に踏まえつつ、このような理論モデル構築への努力が求められる。

参考文献

張赫竣 (2007)、『韓国半導体産業のイノベーション・プロセスに関する研究：サムスン電子会社の事例を中心に』、一橋大学 MBA ワークショップ提出論文

Chuma, Hiroyuki (2006), "Increasing complexity and limits of organization in the microlithography industry: implications for science based industries," Research Policy, Volume 35, Issue 3, pp. 394-411

中馬宏之 (2007)、「日本の半導体生産システムの競争力弱化要因を探る：Papert's Principle の視点から」、『認知科学』特集号、近刊。

IC Insights (2006), The McClean Report 2006.

Integrated Circuit Engineering (ICE) Corporation (1997), Cost Effective IC Manufacturing 1998-1999⁶⁶

日本電子情報技術産業協会 (JEITA) (2003), 『IC ガイドブック 2003 年版 時代

⁶⁶ <http://smithsonianchips.si.edu/ice/cd/CEICM/title.pdf>

の先端を拓く半導体産業・技術の全貌』。

Johnson, Carl, Ron Leckie, Paul Buddendorff, John Fisher, and Fred Holstein (1998), "Special Report: Micron at the Crossroads," Infrastructure (www.infras.com), May 28., pp. 1-28.

川本佳史・松岡一彦 (1999) 「総合技術力で勝負する日立製作所：浮上のキッカケをつかむ」、日経マイクロデバイス、11月号、126～138頁。

Leachman, Robert C. and David A. Hodges, (1996), "Benchmarking Semiconductor Manufacturing," IEEE TRANSACTIONS ON SEMICONDUCTOR MANUFACTURING, vol.9, no.2, pp.158-169.

Leachman, Robert C., Jeenyoun Kang and Vincent Lin (2002), "SLIM: Short Cycle Time and Low Inventory in Manufacturing at Samsung Electronics," Interfaces, Vol. 32, No. 1, January-February, pp. 61-77

Macher, Jeffrey T., David C. Mowery and David A. Hodges (1998) "Reversal of Fortune? The Recovery of the U.S. Semiconductor Industry," California Management Review 41(1): 107-136.

Mathews, John A. and Dong-Sung Cho (2000), Tiger Technology: The Creation of a Semiconductor Industry in Asia, Cambridge University Press.

Minsky, Marvin L. (2006), The Emotion Machine: Commonsense Thinking, Artificial Intelligence, and the Future of the Human Mind, New York: Simon & Schuster.

Minsky, Marvin L. (1986), The Society of Mind, New York: Simon & Schuster.

大矢根聡 (2002) 『日米韓半導体摩擦：通商交渉の政治経済学』、有信堂。

Perry, Kathleen A. (1998), "Chemical Mechanical Polishing: The Impact of a New Technology on an Industry," Symposium on VLSI Technology Digest of Technical Papers (Invited), pp.2-5

SEMI Research (2003) "DRAM by Design: Comprehending DRAM Life Cycles," July 2003, Report Number VM113-03.

角南英夫 (2006) 「新材料・新構造を導入し、高集積化の壁を打破」、日経マイクロデバイス 3月号、90～97頁。

Tung, Chih-Hang, George T. T. Sheng and Chih-Yuan Lu (2003), ULSI: Semiconductor Technology Atlas, John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.

吉岡英美（2004）「韓国半導体産業の国際競争力形成の要因 デバイス部門と製造装置部門の企業間関係の変化に即して」, アジア経済（日本貿易振興会アジア経済研究所）, 第45巻2号, 28～45ページ, 2004

2.2.2 既存産業におけるサイエンスとの関係の変化 - ディスプレイ関連学会を事例に -

【榊原清則（慶應義塾大学 総合政策学部 教授）】

【松本陽一（慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科 後期博士課程）】

（１）分析対象と構成

科学(サイエンス)との関連性が強くなる産業分野が増え、産業におけるサイエンスの意義に対する関心が高まっている（後藤・小田切、2003）。特許にみる「サイエンス・リンケージ」（科学連鎖）への注目度の高まりはその一つの現れである。サイエンス・リンケージとは特許１件当たりの科学論文の引用件数をさし、科学の成果が産業にどの程度影響するかの代表的指標である。世界的な傾向としてサイエンス・リンケージは1985年以降上昇傾向にある（科学技術政策研究所、2005、268頁）。

科学と産業との関連性が高まっているというとき、そこには互いに区別すべき２つの場合があり得る。第１は、科学に依拠してイノベーションがおこなわれ、それによってまったく新しい産業が興る場合である。ライフサイエンスなどを用いたバイオテクノロジー関連産業にはその典型例が多く、バイオマス、バイオメカニクス、バイオエレクトロニクスの諸産業など、「サイエンス型産業」(science based industries)として注目度が高まっている（後藤・長岡、2003；小田切、2006）。第２は、これまでどちらかといえば科学とは縁が薄いと思われてきた在来産業のなかで、科学の知見の重要性が増大する例がある。既存産業がいわば「サイエンス型化」しつつある場合である。ブラウン管から液晶表示装置やプラズマディスプレイパネル（PDP）へとキーデバイスが変化し、さらにその先の有機ELや電界放出ディスプレイ（FED）など、次世代ディスプレイ技術の研究も増えているテレビ産業は、こうした産業の一例だろう。

従来の研究では、たとえば生化学・微生物学や有機化学、医学・獣医学といったバイオテクノロジー関連の分野においてサイエンス・リンケージが高いことが指摘されてきた。この分野における諸科学と新興産業との関係については、たとえば後藤・小田切（2003）および小田切（2006）が詳しい。上述の二分類を用いていえば、科学の成果と産業とのかかわりに関して、新興サイエンス型産業を対象とした先行研究がこれまで多数蓄積されてきている（たとえばMcMillian et al, 2000; Zucker et al, 2001; Zucker et al, 2002; 小田切、2006）。それに比べると、科学の重要性が近年増大し「サイエンス型化」しつつある既存産業に関する研究はあまり多くない。今後この分野で研究を蓄積していく必要がある。

本稿では上記２つの場合のなかの后者、すなわち「サイエンス型化」しつつある既存産業のカテゴリに属するテレビ産業をとりあげる。テレビは産業としては古い歴史をもつが、従来支配的だったブラウン管から近年液晶表示パネルやPDPへとキーデバイスが置き換えられつつあり、さらに次世代ディスプレイ技術の提案もあって、科学の知見の重要度が増してきている産業である。

以下本節では、大別３つの課題に取り組んでいく。

第１に、ディスプレイ関連学会の発表件数において従来日本は主導的立場にあった

が、その日本を最近韓国が逆転したというレポートが出ているので、その点が事実かどうか事実関係を究明する。その結果、独自のデータセットをつくっておこなわれたわれわれの精査でも、発表件数の総数をみれば「日韓逆転」が起きていることがわかる。

第2に、その「日韓逆転」の背後にある要因として学会における発表形態の違いに着目し、口頭発表とポスターセッションにおける発表という発表形態の種別を考慮した分析をおこなう。その結果、韓国はポスターセッションでの発表が急増し、それが日韓逆転の背景となっていることが明らかにされる。この点がどういう意味をもっているかは、学会での発表の意義をどうとらえるかにかかっている。学会という場の意義を改めて考察する必要がある。

そこで、第3に、学会を「科学の共有地」とみる伝統的な見方に対し、それとは異なる見立てを含んだ試論をスケッチする。具体的には、近年における学会の変貌をとりあげ、「商業化する学会」という論点を提起したい。伝統的な形式論でいえば学会は「科学の共有地」であるが、そうした形式論は今日の学会の実態と機能を正しく理解するうえで十分ではないことが指摘される。

「商業化」する学会という現象は、上述した既存産業の「サイエンス型化」と同時並行して起きている現象である。「サイエンス型化」する既存産業の分野では、学会を「科学の共有地」とみる伝統的・形式的理解だけでは、産業における科学の意義を十分に理解することができないように思われる。

本節で試論的に指摘される「学会の商業化」という現象は、イノベーション研究のあり方に影響し、延いては「イノベーションの測定」にも影響する可能性がある。近年のイノベーション研究は計量書誌学的なアプローチによって飛躍的に進展してきた（最近の代表的成果はJaffe and Trajtenberg, 2002）。特許およびその引用情報に着目したこの種の研究は、知識の流れという無形のとらえがたい現象を可視化することに成功し、イノベーション研究を飛躍的に発展させてきた。

それに対して、ここで提起される「商業化」する学会というアイデアは、科学と産業とがそれぞれ別個のものとして存在するのではなく、相互に浸透的であり、あるいは互いに入り組んだダイナミックな関係にあることを暗示している。知識の流れに新たな視点と洞察を提供するわれわれのアイデアは、計量書誌学的なイノベーション研究のポテンシャルを拡大するものであろう。

（2）薄型ディスプレイ用パネルの学会発表

薄型ディスプレイ用パネルの技術開発は長い歴史をもつ。この分野の技術開発では、液晶表示技術でもPDP技術でも歴史的に日本企業が先行してきた。技術開発面のその先行性を基盤として、関連製品の事業化・商品化・市場化においても日本企業が世界の先頭を走ってきた。例えば世界で初めて液晶表示装置を実用化したのは日本のシャープであり、1973年に液晶表示電卓が発表されている。プラズマディスプレイの技術も、富士通や松下、パイオニア、日立など多くの日本企業による、30年以上におよぶ努力の結果実用化されてきた。しかし最近になって、薄型パネルの生産設備能力や販

売量比較で韓国メーカーや台湾メーカーが大きなシェアを獲得するようになった（たとえば交流協会、2005；小笠原・松本、2006 など）。

それだけではない。上述したのは現実の製品市場に関連したビジネス上の変化であるが、それにとどまらず、科学の知見の重要度が増している薄型パネルの分野にあって、関連学会における研究成果発表の面で、従来先行していた日本を最近韓国が逆転したというレポートがある。学会発表の動向は、市場における現実の競争状況の先行指標という意味合いがあるから、レポートが事実だとすれば衝撃的で、市場における将来の競争状況を展望すると見過ごすことができない。本稿ではこの問題を取りあげる。

特許庁報告書の衝撃

薄型テレビ向け表示装置におけるサイエンス関連の取組に関して、日本の特許庁が相次いで注目すべき調査結果を公表した（特許庁編、2004、2005、2006）。三編とも特許動向の内外比較を主たる目的とする報告書であるが、特許文献情報以外の情報についても言及があり、なかでもディスプレイ関係の代表的学会である「情報ディスプレイ学会」（Society for Information Display, 以下 SID と略）の学会発表を対象とした書誌情報（発表者所属機関）の抽出・解析が重要である。

SID には最も代表的な大会である SID International Symposium（以下 SID シンポと略）のほかに、International Display Research Conference（以下 IDRC と略）⁶⁷、International Display Workshop（以下 IDW と略）⁶⁸の2つの大会があり、総称して三大大会とよばれている。いずれも年一回開催である。特許庁の3編の報告書が対象としてとりあげている大会、技術分野、期間はそれぞれ次の通りである。

特許庁編（2004）：SID 三大大会、PDP、1992 年から 2003 年まで

特許庁編（2005）：SID 三大大会、PDP、1992 年から 2004 年まで

特許庁編（2006）：SID シンポ、液晶、1998 年から 2005 年まで

第1に、報告書の と は PDP 表示制御技術⁶⁹に関して、SID 三大大会における近年の国・地域別発表件数の推移をまとめている。富士通を中心に PDP 方式のテレビ製品が発売、大画面化していく 1990 年代前半は、学会発表でも日本の件数が突出していた。しかし 1996 年頃から韓国の発表が急増し、1998 年に初めて日本の発表件数を上回って以降、その差は開く傾向である。直近（2004 年）のシェア対比は韓国 54%、日本 29% である（ 、204 頁）。

⁶⁷ IDRC は北米、アジア、ヨーロッパにおいて交替制で開催される。アジアで開かれるときは Asia Display、ヨーロッパで開かれるときは Euro Display と呼ばれる。

⁶⁸ 日本人の学会参加者某氏の証言によると、IDW は日本で開かれるのが慣例である。

⁶⁹ PDP 表示制御技術は大別すると(1)画質改善に関する技術、(2)高信頼性化に関する技術、(3)低消費電力化に関する技術、(4)低コスト化に関する技術に分類できる。これらの詳細については特許庁編(2004、2005)を参照。

第2に、報告書の「液晶表示装置の画質向上技術⁷⁰」を対象とした特許分析および、液晶関連技術全般を対象としたSIDシンポと学術論文の発表動向を調査している。SIDシンポについては近年の国・地域別発表件数の推移をまとめている。この液晶関連技術の分野では従来米国と日本の発表件数が多く、ヨーロッパが少し離れた第3位につけていた。このパターンはしかし、2000年以降韓国の発表件数の急増によって崩れた。韓国は2003年にヨーロッパを抜き、翌年の2004年には日本をも抜いて、首位米国に迫っている。台湾からの発表件数も増えている。直近(2005年)の主要国・地域別シェアは米国29%、韓国25%、日本18%、欧州14%、台湾9%であり、以上5カ国・地域で全体の95%を占めている(、35頁)。

このように、薄型ディスプレイの学会発表での韓国の台頭は、液晶とPDPの両方で近年の顕著な現象なのである。特許庁調査によると学会発表件数にみる日韓のシェア逆転は、PDPでは1998年、液晶では2004年に起きている。このデータの委細とその背後にある要因を立ち入って分析することは、日本にとって意義が大きい。

本稿では特許庁の調査に倣ってSIDに着目し、特にSIDシンポにおける学会発表に焦点をあてて、独自のデータベースを構築し、日韓2カ国の研究開発動向を比較する。上述したように、特許庁編(2006)では本稿と同一のSIDシンポの発表動向がまとめられている。それに対して、特許庁編(2004、2005)では本稿で用いたSIDシンポの予稿集のほかにIDRCとIDWというSIDの他の2つの大会のデータも併せ用いられている。本稿では、(1)SID三大会のなかで最大かつ最も代表的な大会であり、(2)データが長期にわたってウェブ上で入手可能である、という2つの理由から、SIDシンポの予稿集のみを調査対象とした。

以下の議論で詳細にレポートするが、結論を先取りしていえば調査対象のこの違いは観察結果の基本的結論には影響していない。すなわち、韓国の顕著な台頭と、その結果としての日韓逆転という特許庁の調査と同様の結果は、われわれが作成したデータベースでも確認することができる。

独自データベースの作成

この調査でわれわれが注目したのは、ディスプレイ関連の世界的学会の一つであるSIDにおける学会発表のデータである。SIDには6000名に及ぶ会員がいる。彼らの専門分野は研究、設計、製造からマーケティングや販売など多岐にわたっている。実際の学会発表をみても、液晶、プラズマ、有機ELなどの薄型パネルから投射型ディスプレイなど幅広い分野をカバーしている。SIDの支部は世界各地にあり、ディスプレイに関する国際的なコミュニティづくりに貢献している。

この調査ではディスプレイ関連の世界の研究動向を大きく鳥瞰する目的で、特許庁調査に倣って、SIDの学会発表にねらいを絞った。世界中で進められているディスプレイ関連の研究活動の全てをSIDにおける学会発表だけで観察できるとはもちろんい

⁷⁰ 液晶の画質向上技術のなかでも特に重要な課題である「広視野角化」に関連する要素技術を主たる調査対象としている。詳細は特許庁編(2006)の3頁以下を参照。

えないから、この点は本調査の限界である。

この調査では SID が毎年開催しているシンポジウムの予稿集に掲載された論文のうち、1990 年から 2006 年までの論文 4814 本を対象とした⁷¹。SID の論文は、会員であればホームページで閲覧することができる。本稿で用いたデータのうち、1990 年から 2002 年までのデータはホームページから予稿集を閲覧入手した。また SID シンポの予稿集は SID によって CD-ROM が作成・販売されており、2003 年から 2006 年までのデータはその CR-ROM を用いた。なお、この CD-ROM は SID のホームページで一般に販売されている。

それぞれの論文は PDF 形式のファイルで保存されており、そのままではデータとして扱うことができない。そこでわれわれは上記の総数 4814 本の掲載論文のなかから目視によって液晶関連の論文と PDP 関連の論文を抽出した。その具体的な抽出手順のべると、まず液晶については、学会のセッション名に液晶 (liquid crystal) と銘打ってあるものをセッション単位で抽出し、それ以外のセッションからも論文の発表題目に液晶 (liquid crystal) と記してあるものを論文単位で抽出した。同様に、LC と LCD という略語を用いたセッション・発表を抽出し、それぞれの略語が液晶を意味するかどうか定かでない場合にはアブストラクトを読んで判断した⁷²。次に PDP についても液晶と同じ手順を踏み、プラズマ (plasma) と銘打ってあるセッションおよび論文を抽出し、さらに PD と PDP という略語を用いたセッションと発表を抽出した。こちら PD と PDP がプラズマディスプレイを意味するかどうか定かでない場合にはアブストラクトを読んで判断した。

このようにして抽出されたサンプルは液晶 1781 件、PDP357 件である。そのうち液晶の 30 件、PDP の 6 件については発表者の所属や所属組織の所在地が不明であるためサンプルから除外した。結果として液晶 1751 件、PDP351 件を過去の学会発表のサンプルとした⁷³。

このサンプルを用いて、われわれはデータベースを作成した。論文の表紙には論文題目、著者名、著者の所属組織、所属組織の所在地が記載されている。その情報と予稿集の年次、セッション名称をもとに、発表された年、著者の人数、筆頭著者から第 10 著者までの所属組織の国籍とセクター (企業・大学・公的研究機関の別)、発表の種別 (口頭発表・ポスター発表の別)、発表者に含まれるセクターごとの人数、をそれぞれデータ化した。

本稿では、このようにして作成したデータベースの一部を用いて、1990 年以降の液

⁷¹ 予稿集に掲載されたと思われる論文のなかにはホームページや CD-ROM から全文が閲覧できないファイルがあり、ここでの数値にはそれらの論文は含んでいない。

⁷² この方法では、実際に液晶ディスプレイに関連している発表でも抽出されない論文があり得る。たとえば TN や STN といった液晶の方式のみが題名に表示されている論文は抽出されない。液晶ディスプレイの技術は多岐にわたって様々なかたちで応用されており、論文の抽出範囲が広くなりすぎる恐れがあるため、特に液晶ディスプレイに焦点を当てた発表を抽出するという意図に基づいて本稿ではこのような方法をとった。したがって、本稿のサンプルは実際の液晶関連の発表よりも過小見積もりとなる可能性がある。サンプルの抽出方法の改善はこの研究のひとつの課題である。

⁷³ なお、本稿ではセクターごと、国ごとの発表件数を筆頭著者の所属組織によって分類している。著者のなかには同時に複数の組織に所属している例があり、その場合には重複してカウントしているので、結果として全発表数を足し合わせた数値と単純な発表の総数とは一致しない。

晶と PDP に関する日本と韓国の学会発表の動向を比較検討する⁷⁴。

学会発表にみる韓国の躍進

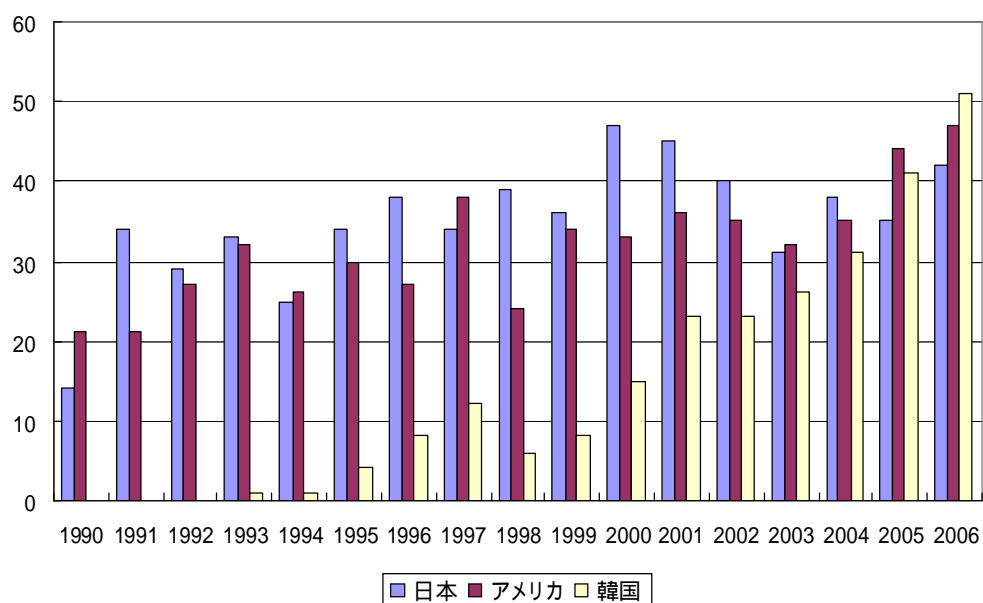
図表 2.2.2.1 は 1990 年から 2006 年までの、SID における液晶関連の発表のうち日本と韓国の組織に所属する研究者が筆頭著者である発表の件数推移である（本論文の末尾に添付した付表 2 に、図表 2.2.2.1 で用いたデータの一覧がある）。なお、図表 2.2.2.1 のグラフ中には参考のためにアメリカの件数推移も図示した。

まず日本の動向をみると、日本勢の発表件数は一貫して多い。1991 年に 34 件に増加して以降、1990 年代は安定的に 30 件前後の発表件数を維持し、さらに 2000 年には 47 件に達した。それ以降も 40 件をはさんで推移している。それに対して、韓国が学会発表に現れるのは 1993 年以降のことであり、その後 1997 年まで増加傾向にあったが、1998 年にいったん減少した。この減少の理由は、一つには韓国経済の一時的停滞が考えられ⁷⁵、また 1998 年には後述するポスターセッションが学会でおこなわれなかったことも影響しているかもしれない。その後、1999 年に 8 件だった発表件数は、それ以来一貫して増え、直近の 2006 年には 51 件に達している。日本勢が 2000 年以降 40 件をはさんで増減しているのに対して、韓国勢の発表件数はその間一貫して増えており、結果として 2005 年に日韓の逆転が起きている。韓国は翌 2006 年にはアメリカをも追い抜いてしまった。

⁷⁴ データベースは今後さらに内容を充実させていく予定である。

⁷⁵ 韓国が経済危機に直面し、国際通貨基金 (IMF) の緊急融資を軸に各国の協調融資合意が成立したのは 1997 年 12 月のことである。

図表 2.2.2.1 日米間の SID における発表件数の推移（液晶）

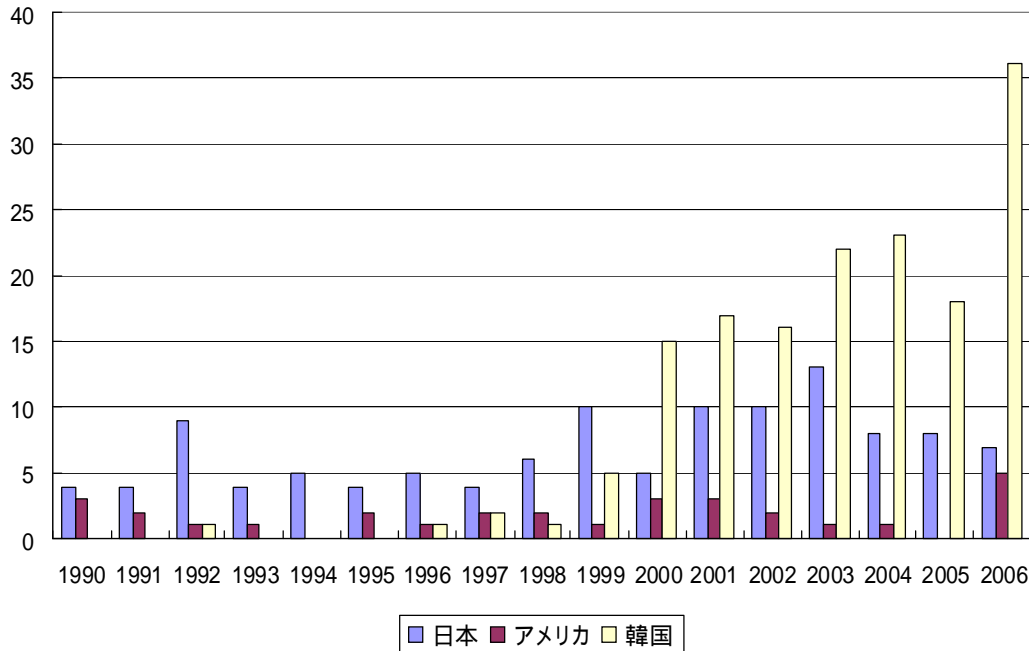


注）筆頭著者の所属組織の国籍によって分類した。筆頭著者が複数の組織に所属している場合には重複してカウントした。

次に PDP 関連の発表における日韓の推移をみていこう。図表 2.2.2.2 は 1990 年から 2006 年までの、SID における PDP 関連の発表のうち日本と韓国の組織に所属する研究者が筆頭著者である発表の件数推移である（論文末尾の付表 1 は用いたデータの一覧）。なお液晶の場合と同様に、図表 2.2.2.2 のグラフ中には参考までにアメリカの件数推移も図示した。

まず日本勢の発表件数の推移からみると、日本勢の発表は 5 件程度から 10 件までの間を行き来しており、1990 年代には一貫して世界トップである。グラフの範囲内で、日本の発表件数のピークは 2003 年の 13 件である。それに対して、韓国勢は液晶の場合とほとんど同じ動向である。すなわち学会発表に韓国が現れるのは（1992 年の 1 件を除くと）1996 年以降のことであり、その後 1998 年に一時的に減少するものの、それ以後発表件数を増加させている。その結果 PDP の場合には、2000 年以降は日本を上回って、発表件数でみた日韓の立場は逆転し、その後差が開きつつある。

図表 2.2.2.2 日米間の SID における発表件数の推移 (PDP)



注) 筆頭著者の所属組織の国籍によって分類した。筆頭著者が複数の組織に所属している場合には重複してカウントした。

上述したように、特許庁の報告書は液晶、PDP のいずれにおいても学会発表件数で韓国勢が日本勢を逆転したことを伝えている（特許庁編、2004、2005、2006）。逆転が起きたのは、液晶 2004 年、PDP1998 年である。それに対して本稿におけるわれわれの調査でも、特許庁報告書と同様に、液晶、PDP の両方で日韓逆転が観察された。一方の液晶では 2005 年に、他方の PDP では 2000 年に、ともに韓国が日本を逆転している。逆転が起きた年は完全に同じではないが、データベースが違うことを考慮すれば、発見事実の類似性のほうが重要だろう。すなわち、薄型ディスプレイ関連の学会における韓国の台頭はいずれの調査でも顕著なものがあ、学会発表件数でみるかぎり 2000 年ごろを境目に日本を韓国が上回ったということである⁷⁶。

⁷⁶ なお半導体の分野では、関連学会における日本の論文数が大幅に減少しているという報告がある。一例だけあげれば、2007 年 2 月に米国で開かれる ISSCC（国際固体素子回路会議）で、日本の論文数が大幅に減少し、韓国と台湾に肉薄されると報道されている（『日本経済新聞』2006 年 12 月 22 日）。しかし本稿でとりあげたディスプレイ技術関連でわれわれが観察できるのは、日本の減少というより韓国の顕著な台頭であり、その結果としての日韓逆転である。ディスプレイ関連分野では、日本の発表件数が減少していると断言することは現段階ではできないのではないかと。

セクター別、所属組織別の発表件数

以上においては国別にみた発表件数の総数の推移をみてきた。次に、(1)産官学のセクター別にみた発表件数の内訳が日韓2カ国でどうなっているか、(2)所属組織別にみたときに発表件数の多いリストにどういう企業・大学・機関名が並んでいるか、の2点を簡単に見ておこう。

図表 2.2.2.3 は、液晶と PDP のそれぞれについて、産官学のセクター別の発表件数の割合を日韓の別に示したものである。それによると、液晶でも PDP でも日本は民間企業すなわち産業セクターの比率が高い反面、大学の比率が低い。液晶と PDP の分野では、日本は学会というサイエンスの場でも民間企業が中心であり、企業主導で研究・技術開発を進め、成果を社内の事業部門に移転するのみならず、学会でも企業が積極的に発表しているのである。それに対して韓国では液晶 39%、PDP 56%と、大学の研究発表比率が日本よりも高い。このように学会発表において、企業と並んで大学のプレゼンスが高いのが韓国の特徴である。なお公的研究機関は、液晶と PDP に関連した学会発表では数%を占めるにすぎず、日韓両国でともに限定的なプレゼンスにとどまっている。

図表 2.2.2.3 国別、セクター別の発表件数の割合(液晶と PDP)

液晶			PDP		
	日本	韓国		日本	韓国
企業	86%	58%	企業	65%	40%
大学	12%	39%	大学	25%	56%
公的研究機関	2%	3%	公的研究機関	9%	4%
合計	100%	100%	合計	100%	100%
	(601)	(258)		(118)	(158)

注) カッコ内数は実数。

次に図表 2.2.2.4 は、SID における液晶関連の発表件数順に、筆頭著者の所属組織の上位 20 位までをリストアップしたものである。その表からわかるとおり、第 1 位はアメリカの Kent State University (KSU) である。KSU は古くから液晶材料に焦点を当てた研究拠点 (Liquid Crystal Institute) を持ち、この分野の人材を広く内外から結集してきたことで知られている。2 位は韓国のサムスン電子、3 位は IBM、4 位はヨーロッパのフィリップスである。そのあとに日本勢がきて、5 位シャープ、6 位日立、7 位 NEC、8 位東芝と続き、さらに一つ飛んで、10 位に三菱電機が入っている。9 位の Brown University はアメリカの大学である。

この図表 2.2.2.4 において、上位 20 位までにリストアップされた組織数を国別にカウントすると、日本 9、アメリカ 4、韓国 3、その他 4 であり、日本が最多である。日

本9の内訳は企業8、大学1であり、民間企業がほぼすべてを占めている。韓国はLG. Philips LCD (LG とフィリップスとの合併会社) をカウントしても3に過ぎない。液晶関連にみる韓国の近年における発表件数の大幅な伸びは、かぎられたごく少数の組織によって担われていることがわかる。

なお、液晶関連の発表件数で、上記の上位20位までにランクインした組織の発表件数の年々の推移を辿った付表2を論文末尾に添付した。韓国のサムスン電子、LG. Philips LCD、Pusan National University の3組織がいずれも2000年前後から発表件数を急増させていることがその表から見てとれる。

図表 2.2.2.4 筆頭著者の所属組織でみた発表件数上位20位 (液晶)

順位	組織名称	件数
1	Kent State University(米)	91
2	Samsung Electronics(韓国)	71
3	IBM(米)	68
4	Philips(蘭)	56
5	シャープ	54
6	日立製作所	44
7	NEC	43
8	東芝	40
9	Brown University(米)	30
10	三菱電機	29
11	LG. Philips LCD(韓国)	25
11	Pusan National University(韓国)	25
13	Corning(米)	24
13	Hong Kong University of Science and Technology(香港)	24
15	ITRI(台湾)	23
15	ソニー	23
17	University of Stuttgart(独)	22
18	松下電産	20
18	東北大学	20
20	富士通	19

以上は液晶に関連した集計の結果であるが、今度はPDPについて図表2.2.2.4と同じ表を作成した。図表2.2.2.5がその結果であり、この表を見ると、PDPにおいては液晶における以上に韓国勢の躍進が明らかであり、上位10位のなかで6組織を韓国勢が占めている。日本関係をみると、5位富士通に続き、電通大、広島大、NHKが上位10位に入っている。PDPテレビで市場シェアの高い松下電産は14位である。なお松下電産の研究発表7件のなかには、同社が買収した米プラズマコ社による発表3件が含

まれている。

図表 2.2.2.5 で上位 20 位までにリストアップされた組織数を国別にカウントすると、韓国 11、日本 9、その他 3 であり、韓国が最多である。韓国 11 の内訳は企業 4、大学 6、公的研究機関 1 であり、大学の貢献が大きいことが韓国の特徴である。

なお、PDP 関連の発表件数で、上記の上位 20 位までにランクインした組織の発表件数の年々の推移を辿った付表 3 を論文末尾に添付した。韓国の企業と大学の多くが 2000 年前後を境に学会発表を軒並み急増させていることが見てとれる。

図表 2.2.2.5 筆頭著者の所属組織でみた発表件数上位 20 位 (PDP)

順位	組織名称	件数
1	LG Electronics (韓国)	23
2	Samsung SDI (韓国)	22
3	Seoul National University (韓国)	20
4	Kyungpook National University (韓国)	19
5	富士通	18
6	Hongik University (韓国)	13
7	Sejong University (韓国)	12
7	電気通信大学	12
9	広島大学	11
9	N H K	11
11	Thomson (仏)	10
12	富士通日立プラズマディスプレイ	9
13	South East University (中国)	8
14	松下電産	7
14	N E C	7
14	Philips (蘭)	7
14	パイオニア	7
18	Samsung Advanced Institute of Technology (韓国)	6
19	Orion Electric (韓国)	5
20	Inha University (韓国)	4
20	Korea Institute of Science and Technology (韓国)	4
20	松下電子	4
20	Pusan National University (韓国)	4

(3) 発表形態：口頭発表かポスター発表か

SID の学会活動において、日韓の発表件数が逆転したとすれば、そのような現象はなぜ起きたのだろうか。ここではその理由を考える一つの手がかりとして、日韓における学会活動の発表形態の違いに着目する。

SID に参加した経験のある日本企業関係者へのインタビューによれば、韓国勢の発表についてポスターセッションでの発表が多いという印象があり、そのなかには若手研究者のエクササイズとしての発表が少なからず含まれているのではないかという。これは印象に基づく推測にすぎないが、もしも若手研究者のエクササイズとしての意味合いがあるとすれば、その発表は科学のフロンティアを切り拓く、真に水準の高い研究成果の発表というよりもむしろ、学習途上にある若手研究者による研究成果の披瀝であり、その発表には研究・学習意欲を刺激する教育上の配慮が多少とも働いている可能性がある。そこで本稿では、次に学会のポスターセッションの動向を分析することによって、発表形態にみる日韓の違いを検討することにした。

発表形態の種別でいうと、広義の学会発表には口頭発表 (oral presentation) とポスターセッションでの発表とがある。学会発表の中心は伝統的に口頭発表であるが、最近はその口頭発表のセッションに加えてポスターセッションを提供する学会が多い。ポスターセッションでの発表とはポスターを掲示し、発表者がポスターのそばで内容を説明する形式の発表である。SID では 1993 年以降 (1998 年を除き) 毎年ポスターセッションがおこなわれている。

SID の 2007 年の投稿規程によれば、ポスターセッションは著者と聴衆との間のやりとりの機会を提供するものである。新しい技術やコンセプト、現象のデモンストレーションによって補完できる論文は、ポスターセッションでの発表に適している。口頭発表とポスター発表の審査基準は同一であり、成果公表 (publication) の手続き上も両者は同等に扱われる。発表希望者は口頭発表かポスターセッションかを希望することができるが、最終的な割り振りはプログラム委員の判断によって決められる。ポスター発表者は名刺以外に配布物を頒布してはいけない。

ポスター発表が多い韓国

このポスター発表の動向を液晶と PDP の別に日韓比較してみよう。まず液晶関連について、ポスターセッションの発表動向を日韓の別にみると(付表 1)、日本勢は 1993 年に 11 件のポスター発表があり、翌 1994 年に 3 件に減少したが、その後は毎年 10 件前後のポスター発表でほぼ安定的に推移している (1998 年はポスターセッション自体がなかった)。それに対して、韓国勢によるポスターセッションでの発表は、1993 年に 1 件おこなわれ、その後 1997 年に 4 件に増えたが、まとまった数のポスター発表がおこなわれるようになるのは 2001 年以降のことである。すなわち 2001 年に 12 件に増えて以降、少ない年でも 10 件以上のポスター発表が毎年おこなわれ、直近の 2006 年には 26 件もの発表がポスターセッションでおこなわれた。学会発表を全体としてみた場合の、韓国勢による発表件数の近年における顕著な伸びには、たしかにポスターセ

セッションでの発表件数の増大が大きく寄与しているようである。

次に PDP 関連の発表件数とポスターセッションの推移をみてみよう。まず日本勢に着目すると、多くの年でポスターセッションは 0 件であり、多い年でも 2 件しかおこなわれていない。PDP の分野では、ポスターセッションによる発表を日本勢はほとんどおこなってきていないのだ。それに対して韓国をみると、1999 年以降ポスターセッションでまとまった件数の発表がおこなわれるようになり、直近の 2006 年には総数で 36 件の発表中 21 件をポスター発表が占めるに至っている。つまり韓国勢の発表では近年ポスターセッションでの発表が高い割合を占めているのである。

要約として、調査対象の全期間にわたる日韓両国のポスター発表の総数を 2 つの技術分野別にカウントすると、液晶においては日本 130 件、韓国 111 件であり、発表件数全体のそれぞれ 22%、44%を占めている。また PDP においては日本 10 件、韓国 94 件であり、発表件数全体のそれぞれ 9%、60%を占めている。液晶でも PDP でも、ポスター発表の比率が日本は低いのに対し、韓国は高いことがわかる。

以上では日本と韓国の発表に占めるポスターセッションの割合を見てきた。その結果、両国では発表全体に占めるポスター発表の比率に大きな違いがあることがわかった。ポスターセッションでの発表件数が、日本より韓国において顕著に高いのである。すでにのべたように、ポスターセッションでの発表は科学のフロンティアを切り拓く、真に水準の高い研究成果の発表というより、学習途上にある若手研究者による研究成果の披瀝であり、そこには研究・学習意欲を刺激し強化する教育上の配慮が多少とも働いている可能性がある。そうであれば、学会発表における韓国勢の近年の件数増加の、少なくともその一部は、ピュアアカデミックなインパクトという点では割り引いて考えることができるかもしれない。

もちろんポスターセッションでの発表のすべてを「教育的配慮に基づく発表」と決めつけるのは正しくないだろう。ポスターセッションでの発表とはどういうものであるかを、関係者の証言を参照しつつ、もう少し立ち入って考察してみよう。

ポスター発表のおもな担い手

既述のように、SID の投稿規程によれば、口頭発表とポスター発表の審査基準は同一であり、形式的にはそこに優先順位の前後や上下関係は存在しない。発表希望者は口頭発表かポスターセッションかを希望することができるが、最終的にはプログラム委員の裁量によってどちらかに割り振られる。

ポスター発表の審査基準に関する学会の形式的記述は以上に尽きているが、ポスターセッションでの発表を実質的にどう位置づけるべきかについて、SID への参加経験者に尋ねたところ、互いにニュアンスの違う複数の証言が得られた。それを整理すると大別 2 種類の意見に集約できる。第 1 に、既述のように主として教育的配慮からポスターセッションが利用されているという証言があり、これが正しければその発表の学術的レベルは必ずしも高くないかもしれない。事実 SID への参加経験をもつ、上述の企業関係者とは別の日本企業関係者の証言によれば、口頭発表とポスター発表とは「階層的」(hierarchical) な関係にあり、もっと直截的にいえば「口頭発表の選に漏

れたものがポスターセッションに回る」のだという。この証言が正しいとすれば、口頭発表とポスター発表との間に、形式的にはともかく実質的にはレベルの上下差があることになる。

しかしながら第2に、口頭発表に比べるとポスターセッションのほうがカジュアルで、説明だけでなくデバイスや装置のデモが可能であり、商談につながるやりとりが場合によってはできるので、企業関係者にはメリットが大きいという証言がある。ポスターセッションには口頭発表とは別個の独自のメリット、とりわけビジネス上のメリットがあるという証言である。

以上の2種類の証言から、ポスターセッションでの発表の位置づけとしては、前者の「教育的配慮」仮説に基づくものと、後者の「ビジネスメリット」仮説に基づくものと、大別2種類の位置づけが可能であろう。そしてこのように整理すると、この2つの仮説との関係では、ポスターセッションでの発表の主たる担い手が誰なのかが重要になってくる。ポスター発表のおもな担い手が、もしも大学関係者であれば「教育的配慮」仮説が、もしも企業関係者であれば「ビジネスメリット」仮説が、それぞれ妥当性が高いと推測できるからである。

以下では調査対象の全期間にわたる、日本と韓国におけるセクター別の学会発表件数と、そのなかでポスターセッションにおける発表件数の動向をみていく。特に企業と大学という異なるセクターに所属する研究者がそれぞれどの程度ポスターセッションを活用しているかが注目点である。

まず図表2.2.2.6と図表2.2.2.7の左側のデータに着目し、公的研究機関を除く企業か大学かのセクター種別と、口頭発表かポスター発表かの発表形態の違いと、の関係を見ると、液晶もPDPも企業の発表では7割以上が口頭発表であり、口頭発表が圧倒的に多い。それに対して大学の発表ではポスター発表が増え、液晶の51%、PDPの53%がポスター発表であり、口頭発表が半分を少し割り込んでいる。企業か大学かというセクター種別は発表形態の違いに影響しているようにみえる。

しかし次に、国の違いをコントロールした図表2.2.2.6と図表2.2.2.7の右側のデータに着目すると、企業か大学かというセクターの違いは日韓両国で違った意味をもっていることがわかる。すなわち、一方で日本においては、セクターの違いを問わず液晶、PDPの両分野で口頭発表が中心であり、ポスター発表は比較少数にかぎられている。他方で韓国においては、大学による発表の60%(液晶)、67%(PDP)と、いずれの技術分野でも大学の発表の比較多数がポスター発表で占められている。

図表 2.2.2.6 発表形態別、セクター別、国別の発表件数の割合（液晶）

				日本		韓国	
	企業	大学		企業	大学	企業	大学
口頭	77%	49%	口頭	81%	61%	64%	40%
ポスター	23%	51%	ポスター	19%	39%	36%	60%
	100%	100%		100%	100%	100%	100%
	(668)	(171)		(519)	(71)	(149)	(100)

注）カッコ内数は実数。

図表 2.2.2.7 発表形態別、セクター別、国別の発表件数の割合（PDP）

				日本		韓国	
	企業	大学		企業	大学	企業	大学
口頭	74%	47%	口頭	91%	90%	54%	33%
ポスター	26%	53%	ポスター	9%	10%	46%	67%
	100%	100%		100%	100%	100%	100%
	(140)	(119)		(77)	(30)	(63)	(89)

注）カッコ内数は実数。

ポスター発表に対しては上述のごとく「教育的配慮」仮説と「ビジネスメリット」仮説という2つの仮説があり得ることを指摘してきたが、日韓両国に関するわれわれのデータをみるかぎり、後者の「ビジネスメリット」仮説を支持するデータは存在しない。それに対して「教育的配慮」仮説については、韓国においてのみこの仮説は一定の妥当性をもっているといえるかもしれない。韓国では日本よりも大学による発表の比率が高く、しかも大学による発表の半分以上がポスターセッションでの発表で占められているからである。

日本のポテンシャルにかげり？

以上、本稿ではディスプレイ関連学会の発表動向をみてきた。調査結果は、ここでとりあげたディスプレイ関連学会において韓国の発表が顕著に増え、発表件数の総数で日本を上回ったことを示している。もちろんわれわれが確認したように、韓国勢の学会発表のなかには大学関係者を中心とするポスターセッションでの発表が相当数含まれている。その学術的なレベルは、多少とも割り引いて考えることができるかもしれない。しかしポスターセッションでの発表の多さも含めて、科学コミュニティへの積極的な関与とそこでの露出度の高さは、この技術分野における韓国の産と学の顕著な特徴であり、注目に値する。

このような調査結果をわれわれはどうみるべきだろうか。日本の技術ポテンシャルにかげりが出ているというべきだろうか。

たしかに、ディスプレイ関連学会の発表動向にみられる「日韓逆転」を産業競争力の先行指標としてストレートに受け止め、この分野における日本の技術ポテンシャルに警鐘を乱打することは議論として可能である。しかしそれはあり得る議論の一つであって、違った議論もまた可能であるように思われる。

ヒントになるのは日本企業の学会ウォッチャーの声である。ヒヤリングによれば、学会発表における「韓国の躍進」と「日本の後退」は、学会ウォッチャーの間で広く共有されている実感だ。けれども日本の技術ポテンシャルへの懐疑説には彼らの間に根強い異論がある。学会発表における日本の大きな特徴は民間企業のプレゼンスが高いことだが、その主役の民間企業が、近年個別の経営判断として液晶と PDP の分野で学会発表に抑制的あるいは消極的だったというのである。

なぜ抑制的あるいは消極的だったのか。現実の製品市場での競争激化、企業(事業)再編の動き、ディスプレイ技術のなかで液晶と PDP は日本の企業内サイエンティストにとって最早フロンティアの研究課題ではないという各社の判断(次世代ディスプレイ技術に研究の焦点が移った?)等々が考えられるが、詳細はわからない。ともあれ、事実において日本企業が学会発表に抑制的あるいは消極的だったとすれば、本稿の調査結果はその姿勢の集合的な投影にすぎず、したがって「日本の技術ポテンシャルへの懐疑説は当たっていない」という主張は一定の説得力をもっていることになる。

むしろ、企業が学会から身を引けば国全体のプレゼンスが後退するという、ナショナル・イノベーション・システムの「底の浅さ」が日本の問題だというべきかもしれない。大学の影が薄いのである。

いずれにせよ、テレビ産業のような「サイエンス型化」しつつある既存産業において、関連学会での発表における動向変化が、この技術分野の現状における市場競争力とどう関わっているか、将来の市場競争力への意味はどうか、そもそも SID のような学会の機能を産業競争との関連でどうみるか等々、究明すべき課題は多い。今後の精査が必要である。

(4)「商業化」する学会と企業の技術戦略

さて、口頭発表とポスターセッションにおける発表との違いをめぐる以上の考察は、学会とは実質的にどういう場として機能しているのか、その実態を現実的・機能的に分析することの必要性を示唆している。以下 SID を念頭に、この点に関する簡単な概念的スケッチを試みてみよう。

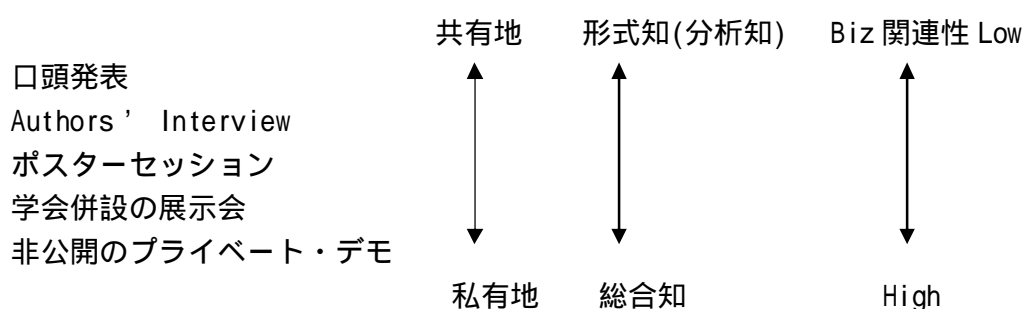
形式的な一般論でいえば、学会とは科学知識を共有する場であり、ネルソン(Nelson, 2004)のいわゆる「科学の共有地」(scientific commons)である。学会で発表ということは、その共有地に知識を置くということ、すなわち「知識の共有化」であり、新しい知識をいわば公共財とし、競争性や流通性を与えるということを意味する。それが科学にとっても技術にとっても有用だという信念が、背後には存在する。

この形式論によれば、学会において口頭発表などのかたちで研究成果を発表すると

いうことは、世の中に対して新知識を公知にするということを意味する。ここで、次の二点が重要である。第1に、公知になった知識に対しては誰でも容易にアクセスできるため、知的財産としての価値は低くなる。しかしそれと引き換えに、その知識を生み出した者は、新知識の「生みの親」としての名誉を手に入れることができる。第2に、学会発表をせずに、新しい知識はたとえば特許化することで私的財に変換することもできる。しかし自らは権利化することを希望しないが、他人の権利化を防ぎたい場合には、研究成果をいち早く公知にすることがある。

学会のなかの私有地

しかしながら、以上の形式論とは異なり、おそらくは学会が「成長」する過程で、最近では学会自体のなかに「私有地」の要素が含まれるようになった。SIDの例で（SIDは必ずしも典型例ではないが）、一方における発表形態の種別と、他方における科学の共有地か私有地かに着目して模式化すると、次のように表現することができる。



この模式化のなかには、そこで伝えられる知識の種類(形式知にかぎられるか、あるいは暗黙的なカテゴリーの知識をも含む総合的な知識か)、およびビジネス関連性の高低も付加されている。

SIDには、参加者・聴衆とのやりとりの機会として、口頭発表、Authors' Interview、ポスターセッション、学会併設の展示会、非公開のプライベート・デモがある。

第1に学会発表を代表するのは昔も今も口頭発表である。口頭発表は若干の質疑応答を含むけれど、基本的には一方向の知識の提示であり、中心になるのは形式知あるいは分析知である。

第2に、口頭発表の内容は、発表当日の夕方にアレンジされる「Authors' Interview」で補足することができる。これは発表者自身が口頭発表を補足する場であり、口頭発表を聞いて関心をもった聴衆と発表者とのやりとりの場である。デバイスなどのデモもできるので、口頭発表での発表とは違って暗黙的なカテゴリーの知識をも含めたやりとりが可能である。商談の要素は小さいがその可能性はゼロではない。

第3に、ポスターセッションは、「Authors' Interview」以上に相互作用的なやりとりの場であり、時間の制約も少ない。デモも可能であり、暗黙的な知識が含まれる余地は大きい。口頭発表やそれを補う「Authors' Interview」に比べ、商談の可能性は

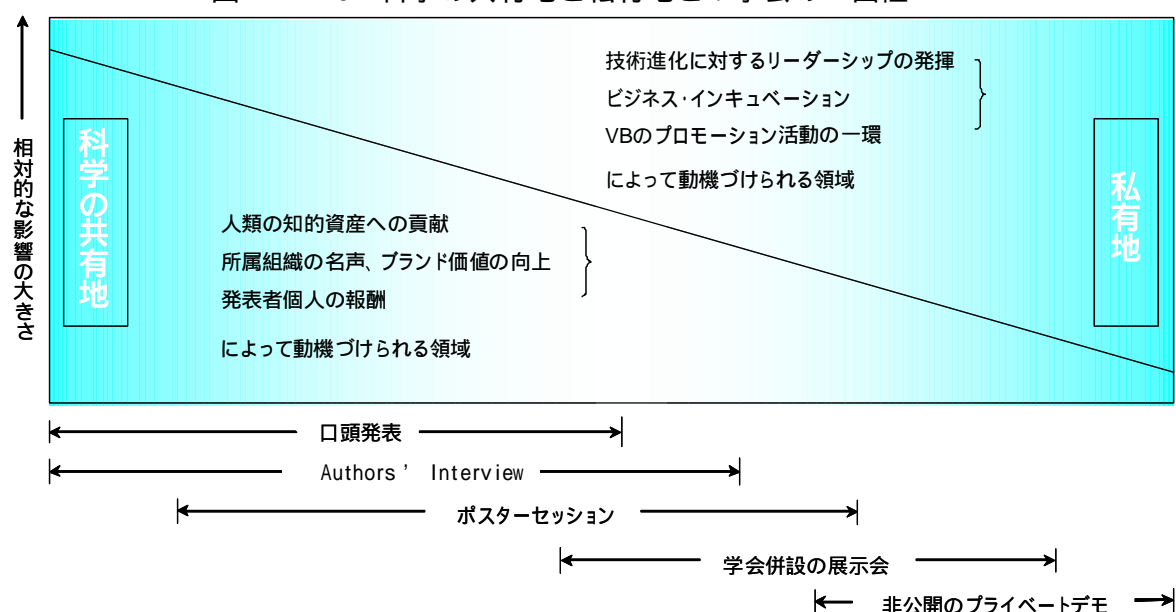
より大きくなる。

第 4 に、SID では学会自体のアレンジで展示会が併設されるのが普通である。学会併設なので、新技術を中心とした展示会である点が一般の新製品展示会との違いである。この学会併設の展示会では、形式知だけではなく、トータルな知識が示され、ビジネス関連性は顕著に高くなる。

最後に、SID では学会会場の周辺ホテルの各種スペースを用いて、非公開のプライベート・デモが多数アレンジされるのが普通である。公開ではないので、これは基本的には「私有地」のカテゴリに属し、多くの場合まさに商談を目的とした場である。

こうして、SID のような学会の現実的機能をみると、そこには共有地の側面と私有地の側面という二面性が含まれているのである。その 2 つは、どこかで線が引けるというものではなく、相互に浸透している。その全体イメージは、科学の共有地と私有地とを両極とする一種の連続体(continuum)として表現することができる(図 2.2.2.8 参照)。

図 2.2.2.8 科学の共有地と私有地と：学会の二面性



このようにイメージされる最近の学会は、いってみれば「共有化された知識と私有化された知識とが交わる交差点」であり、そういうものとしてデザインされている。このような特徴は典型的にはアメリカの学会で多くみられるものである。そして、共有地と私有地の両方の側面を兼ね備えているという柔軟性のゆえに、アメリカの学会の集客力があるのだろう。

企業はなぜ学会で発表するか

このような性格をもった学会で発表する民間企業のねらいは何であろうか。従来からよく指摘されてきた学会発表のねらいは、(1)人類の知的資産への貢献、(2)所属企業の名声、企業価値・ブランドの向上、(3)発表者個人への報酬（名誉、金銭的報酬、動機づけ等々）であるが、これらのねらいは明らかに学会の「科学の共有地」としての特徴に由来するものであろう。

しかし、それのみではなく、学会の「私有地」としての側面を考慮すると、学会に参加する企業のねらいとして今日、種類の異なる次の三つも重要であることがわかる。

第1は、自社技術をアピールし技術進化に対して幅広いリーダーシップを発揮するねらいである。技術面でいわば「トレンドセッター」の役割をめざす一環として、学会でのプレゼンスを高める意義は大きい。技術進化にイニシアティブを発揮できれば、周辺の部材メーカー等がその流れに乗ってくるし、ビジネス上のパートナーの裾野が広がるからである。この点では、口頭発表やポスター発表のみならず、併設される展示会での存在感の高さも重要になる。SIDにおける最近のサムスン電子、LGの動きはこれをねらっているようである。

第2に、「ビジネス・インキュベーションのきっかけ」というねらいがある。新しい技術は、それに対してどのような応用があり得るかが事前には明確でないことが多い。新規性の高い技術であれば、試行錯誤的に新しい事業ドメインを模索する必要がある場合が多いが、その場合には形式知だけでなく暗黙知をも含めて重要になる場合が多い。また、事業化へ向けたスケールアップのために計測技術や生産技術が必要になる場合もある。このような場合には、ビジネスとの直接間接の関連性を念頭において、発表の場を一つあるいは複数組み合わせる選択し利用する必要がある。

第3に、学会に参加する企業が新興のいわゆる「ベンチャー企業」(start-ups)である場合、その企業の文字どおりの販売促進(プロモーション)として、あるいは「企業パンフレット」のようなものとして、学会への参加がおこなわれる場合がある。極端な場合には、ベンチャーキャピタルへの自社の売り込みや、あるいは存続をかけた既存他企業への売り込み、すなわちベンチャー企業のいわゆる exit 戦略のねらいをもって、学会発表がおこなわれる場合がある。以下に記述する米プラズマコ社の事例はその一例である。

要するに、学会に共有地と私有地の二面性が生れるとともに、学会参加のねらいもまた多様化していくのである。学会への参加は、科学の共有地に知識を置く口頭発表だけにはかぎられないからである。

プラズマコ社の学会活動と松下の技術戦略⁷⁷

以下では、学会におけるプレゼンスが特定のベンチャー企業のサバイバルと、他の特定の既存企業による技術獲得 (technology acquisition) の戦略につながった事例として、SID を利用した米プラズマコ社のとりくみと、そのプラズマコを買収した松下電産の動きをスケッチする。本事例は、学会におけるプレゼンスが、一方ではベンチャー企業の存続を基礎づけ、同時に他方では既存企業の技術戦略と結びついた事例として注目に値する。

以上では学会が実質的には「科学の共有地」にとどまらない機能をもっていることを論じ、学会と事業化とが直結する場合があることを示唆してきたが、この図式からひとつの興味深いインプリケーションを導くことができる。それは、事業化を念頭に学会で活動をする、その意味でサイエンスと産業との距離が近い活動であるからこそ、そこでやりとりされる知識は暗黙的な性質を含んだ総合的な知識となる可能性があり、したがって従来の計量的なイノベーション研究ではその知識フローのごく一部分しかトレースできない可能性があることである。ここではアメリカのプラズマコ社を例にとって、学会での活動がいかにして事業化に結びついたかという点を細かく見ていくことにしよう。

プラズマコ社は USDC (United States Display Consortium)⁷⁸ のメンバー企業の 1 社であった。同社は、イリノイ大学の教授だったラリー・ウェーバー、IBM のプラズマ事業のマネジャーだったジェームズ・キーホウ、その同僚のエバートン・エンリケス、およびウェーバーの教え子で NCR や AT&T で PDP 事業の経験をつんだマイケル・マレンティックの 4 人によって 1987 年に設立された(図 2.2.2.9)。1980 年代の後半までに、アメリカでは Owens-Illinois、AT&T、Texas Instruments、NCR といった企業が PDP の製造を中止しており、IBM はその最後に残った企業であった。しかし、その IBM もついに PDP の製造を中止する決定をした。ちょうどそのころウェーバーは PDP の新しい技術を開発しており、SID のメンバーだった IBM のジム・グレッソンを仲介して IBM にその技術に関する提案をする予定だったのだが、ウェーバーの新技术は行く先を失ってしまった。

⁷⁷ 事例の記述については Werner (1994)、Birk (1997)、Lieberman (1997)、Ramstad (2000)、Murtha et al. (2001)、荻原 (2004) を参考にした。

⁷⁸ USDC とは：産業主導による産官のパートナーシップで、薄型ディスプレイの製造者・開発者・ユーザーとサプライヤーに共通のフォーラムを提供している。本部はカリフォルニア州サンノゼ。主なミッションはサプライチェーンの研究課題を管理し、その結果を会員企業と共有することである。USDC はまた、ディスプレイについての産業・政府・金融コミュニティの情報チャネルを提供し、技術の進歩のインパクトを広げるためにワークショップのスポンサーを務め、情報技術へのアクセスをもたらすディスプレイの重要性について消費者を啓蒙する。USDC はまたテクニカル・プログラムとして毎年研究に資金を配分している。当初、これは DARPA (国防総省国防高等研究事業局) が資金源となり、その後 ARL (Army Research Laboratory) が資金源となった。1994 年以来、USDC は 100 を超えるディスプレイのサプライチェーンに関する研究に資金を投じてきた。

図 2.2.2.9 プラズマコ社の創業者

名前	前職	専門	備考
Larry F. Weber	イリノイ大学教授	電子工学	
James L. Kehoe	IBM(キングストン)	PDP 製造技術	PDP 事業のマネジャー
Everton H. Henriques	IBM(キングストン)	PDP 製造技術	PDP 事業の副マネジャー
Michael J. Marentic	NCR など	電子工学	ウェーバーの教え子(大学院) 複数の企業の PDP 事業に関与

ウェーバーはグレッソンにふたたび連絡をとり、IBM から PDP 製造の新会社立ち上げに興味を持ってくれそうな人物を紹介してもらった。それがキーハウとエンリケスだった。キーハウたちは PDP の製造ノウハウを持ち、ウェーバーはエレクトロニクスの専門家であったから、このパートナー関係には補完性があった。プラズマコ社はニューヨーク州に拠点をおき、最初の CEO にはキーハウが就いた。そして IBM から PDP 生産設備を独占的に使う権利を得た。工場は IBM のキングストン工場から 20 マイル離れたりんごジュース工場の跡地に決められた。

1988 年の SID シンポジウムでの発表をターゲットとして、急いで開発作業がはじめられた。資金不足のため最初のクリーンルームは 1988 年の 4 月になってようやくできたので、5 月の SID シンポジウムに間に合わせるのはかなり乱暴な計画だった。結局 SID シンポジウムの週の月曜の朝になってパネル製造工程が完了し、空輸したパネルは現地で組み立てられた。ウェーバーらの徹夜の努力の結果、88 年の SID シンポジウムにおいてプラズマコは公の場にデビューした。

1987 年 10 月に株式市場が暴落し、プラズマコの資金獲得は難しくなっていたが、プラズマコはウェーバーの技術を用いたディスプレイを開発しはじめ、1989 年の SID では 10 インチのプロトタイプを発表した。当初資金は 6 か月分、しかしその後 2 年分まで延長されていた。そして 1989 年 8 月には生産のための大きな追加資金を獲得することができた。そのためクリーンルームを増設し、1990 年の 12 月には 10 インチの PDP の生産を開始した。10 インチパネルは主にヨーロッパで販売されたが、1991 年のヨーロッパの不景気の影響で市場は縮小した。91 年には 21 インチのモデルも発売されたものの、カラー液晶の発展によって 10 インチ、21 インチともにあまり受け入れられなかった。

同社は 1993 年までモノクロの PDP を販売していた。たとえば 1993 年に販売した 10 インチの製品は、コストが 1750 ドルなのに対して販売価格は 500 ドルで、作れば作るほど赤字が膨らんでいく状態だった。経営は行き詰まり、その年の 7 月にはキーハウが CEO を解任される。彼はその後も社内に留まったものの、エンリケスとマレンティックはプラズマコから去っていった。プラナー・システムズ社の副社長で事業再生の専門家であるマルコム・ラスがキーハウの後任になったが、そのラスもすぐにさじを投げた。最後に、取締役会はウェーバーを次の CEO として指名した。彼以外には、な

り手がもういなかったのである。

ウェーバーは直ちにモノクロ PDP の製造をとりやめ、従業員を 70 人から 35 人に減らした。そして会社の残り少ない資金と個人的な借金と貯金とを寄せ集め、カラーの交流型 (AC) PDP の研究プログラムをふたたび立ち上げた。1993 年の初めにはプラズマコは資産の差し押さえの危機に陥ったものの、ウェーバーが一晩でカラーディスプレイをこしらえて危機を逃れていた。資金は 3~4 か月分しか残っていなかったが、そのときあらためて 1 年分が追加された。

1994 年 1 月の SID 生産技術会議 (SID Manufacturing Technology Conference) においてアイデアを得て、ウェーバーはプラズマコの既存のモノクロ用設備からカラーパネルを作る方法を生み出した。驚くべきことにウェーバーはその技術がものになると主張しただけでなく、5 ヶ月後の SID で発表できると公言した。プラズマコの取引銀行はすでに貸し金回収に動き、プラズマコの資産を差し押さえようとしていたが、ウェーバーの説得によって締め切りのわずか 15 分前に追加資金の手当てに応じた。その条件として、ウェーバーは SID においてカラー PDP を発表することに合意した。もしカラー PDP が発表できなければ、資産の差し押さえは即座に実施され、資金がショートして会社はすぐに倒産する危険がある。

1994 年 5 月の SID シンポジウムにおいて新しい技術を発表するためウェーバーはプロトタイプを持ってサンノゼへと向かった。だが新しいディスプレイは未完成で、スイッチを入れても画像は全く写らなかった。ウェーバーは展示フロアから一旦装置を撤去し、知人の家で SID シンポジウム開催の 4 日間、ディスプレイを写すために不眠不休であらゆることを試みた。その間プラズマコのブースではマーケティング担当のジェーン・バークが「21 インチのカラーの PDP を展示する」と掲示だけして、立ち続けていた。

会議も残り 2 時間となった最終日の正午ごろ、ウェーバーは再び展示フロアに戻り、フルカラーの AC PDP を展示した。このパネルは 20.8 インチのプロトタイプで、単なる静止画 (8 色の帯) を映しただけだったが、当時のほかの PDP と比較して明るく、コントラストが高かったために評判を呼んだ。実際に、プラズマコによる 1994 年のこの展示は SID のホームページの「SID シンポジウムにおける PDP の発展の 40 年 (40 Years of SID Symposia - Nurturing Progress in Plasma Displays)」で歴史的な展示として紹介されている。またウェーバーは 1995 年に SID の Special Recognition Award を受賞している。当時のインタビューによれば、ウェーバーはカラー PDP で富士通のセカンドソースを狙っていた (Werner, 1994, p.29)。いずれにせよ、こうして倒産は回避された。

SID での発表が成功し、資産の差し押さえを免れたとはいえ、実際には現金が底をついていた。集金の電話がかかってくるのでウェーバーは電話に出られない始末だったし、電気も電話も停止される恐れがあった。支出を減らすために従業員の多くは週 2 日勤務だった。そんななかでも開発努力は続けられ、21 インチの 24 ビットカラーで動画を映すことのできるディスプレイを 1994 年 12 月の Flat Information Displays Conference で公開することができた。

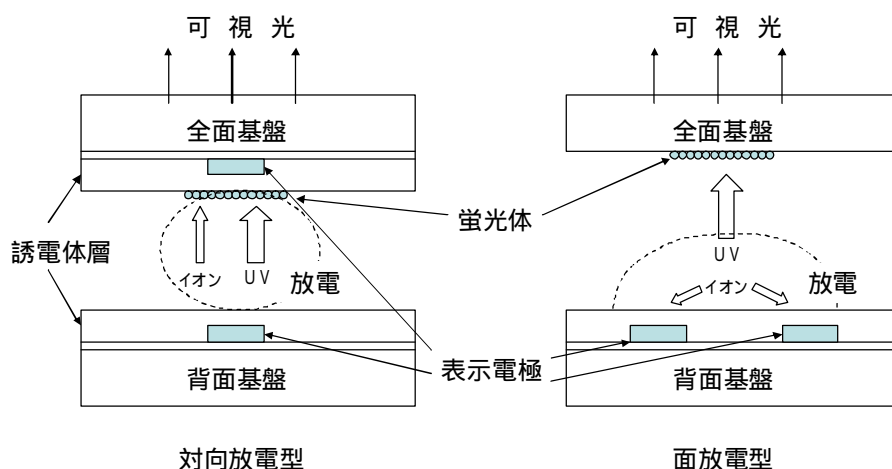
カラー技術のポテンシャルに目をつけたベンチャーキャピタリストのグループが

1994 年の 9 月にプラズマコに資金を投入した。おかげで担保の差し押さえを再び回避できたものの、大きな成功を得るためには追加資金が必要だった。プラズマコの資金獲得のためにこのベンチャーキャピタリストたちはあらゆる資金源の可能性を探った。

ここで当時の日本メーカーの状況を少しだけ説明しよう。プラズマコ社は交流 (AC) の PDP を開発していたが、PDP には交流と直流 (DC) という大きく 2 種類の技術方式がある。90 年代にいたるまで日本のメーカーの開発はその 2 方式に分かれており、NHK を初めとして松下電子工業、日立製作所、ソニーといった主だったメーカーは直流方式を追求していた。一方、交流方式を採用していたのが富士通であった。結局のところ 92 年に富士通がエレクトロニクスショーに 21 インチのプラズマディスプレイを出展し、93 年からは富士通ゼネラルに月産 100 台規模で納入を開始した。この時点で交流方式が本命になり、直流方式の開発を推進してきた陣営は技術開発で劣勢に立たされた。

AC-PDP にはカラー化にあたって乗り越えなければならない技術的な課題がいくつかあった。富士通はそれらの課題を克服した。PDP は電極間の放電によって発生した紫外線が蛍光体を励起することで可視光を放射する仕組みで、カラーの場合には赤・緑・青の蛍光体をそれぞれ塗布したセルを光らせることで、カラー画像を表示する。PDP は放電の方式で対向放電型と面放電型との 2 種類がある。対向放電型の場合、向かい合った電極の間で放電させるが、放電の際にイオンが蛍光体に当たって蛍光体が劣化するので、製品寿命に難点があった。これを解決したのが面放電である。面放電は蛍光体を塗布した面とは反対側の面にある電極で放電するので、イオンが蛍光体に直接当たらないため蛍光体が劣化しにくい(図表 2.2.2.10)。この面放電を可能にしたのが富士通による三電極面放電である。富士通ではこの三電極面放電に加えて、蛍光体を背面基板上に塗布し、前面基板からの放電による発光を反射させることで発光効率を高めている。

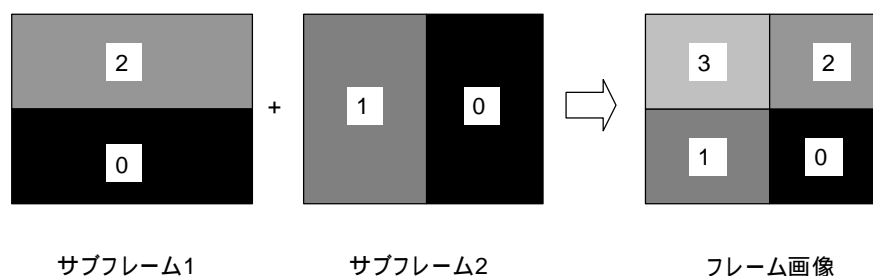
図表 2.2.2.10 PDP の 2 つの放電方式



注) 内池 (2006 年、100 頁) をもとに筆者が作成。

カラー化を実現するためには階調表示が必要である。階調表示というのは、たとえば真っ白から真っ黒までの中間のグレーを表示することであり、階調を細かくできる、つまり多種類のグレーを表現できるほどきれいなカラー表示が可能になる。PDP の場合には、それぞれのセルは発光状態（ON）か非発光状態（OFF）かという 2 つしかないので、階調を表現するには工夫が必要である。PDP は静止画（フレーム）を断続的に表示することで動画表示を実現している。そこで、この 1 フレームをさらに細かいサブフレームにわけて明るさをコントロールしている。たとえばサブフレームが 2 つ（2 ビット）の場合、最初のサブフレームで発光する部分としない部分、2 つ目のサブフレームで発光する部分としない部分との組み合わせによって 0～3 まで 4 段階の階調を表現することができる（図表 2.2.2.11）。これを実現したのが通称 ADS（Address Display period Separated）特許と呼ばれる特許で、これもまた富士通が開発した技術である。なお、近年の製品では 16 ビットの階調表示を実現したものもある。

図表 2.2.2.11 PDP の階調表示法



注）村上（1996 年、24 頁）をもとに筆者が作成

このように交流型 PDP がカラーの本命となった時には、すでに重要な技術が富士通によって開発されており、富士通は PDP の基本特許を抑えていた。1993 年に発売した富士通の PDP は業界標準となり、2002 年度の発明協会総理大臣賞を受賞している。他社にとっては、PDP の事業化のために富士通特許への対策がひとつの重要なポイントであった。

さて 1994 年の SID におけるプラズマコ社の展示に興味を示した者のなかに松下電器産業のエンジニアがいた。その数ヵ月後、松下の重役がプラズマコを訪問した。そこでウェーバーは動画を映すディスプレイを見せた。1995 年の 5 月、プラズマコは松下との共同開発契約を結ぶことに成功し、運営資金を得た。さらに 1996 年 1 月に松下は 2600 万ドルでプラズマコを完全子会社化した。買収に際しては液晶に続いて PDP でも日本が優位に立つとしてアメリカ政府関係者には懸念を示す動きもあったが、プラズマコ社は研究開発の資金繰りが厳しく、事業化の道筋をつけるため日本企業の傘下に

入ることを決断し、アメリカ政府も買収を認めた(『日本経済新聞』1996年1月9日)。プラズマコではその後もPDPの研究が精力的に続けられ、2000年以降、SIDシンポで3件の発表をおこなっている。

プラズマコ社の重要な技術は、高安定放電を実現するためにランプ型(緩やかな傾斜の意)の波形を描くように電圧を少しずつ印加するというものである。すでにPDPの階調表示形式については説明したとおりだが、それまでの技術は、確実に放電するため高い電圧を一気に印加するものだった。そうすると確かに放電するが、これはコップにバケツで水を注ぐようなもので、種火がもれて周囲が明るくなり、きれいな黒を表現することが難しかった。一方、プラズマコ社の技術はコップにやかんで少しずつ水を注ぐようなものであり、放電するのに丁度良い程度まで徐々に電圧を高めていくため、種火が漏れる心配が少なく、したがって黒をきれいに表示できた。

この技術をプラズマコ社がいつ開発し、いつ特許化したのかということが重要である。ウェーバーは1995年のIDRCにおいて自社製品を紹介した際に、暗室でのコントラスト(暗コントラスト)比200対1を達成したと記している。暗コントラスト比は画面の黒をより黒く(暗く)することで向上するのであるが、プラズマコ社では独自に電圧の立ち上げと消去の波形を開発することによって、これを達成したという記述がIDRCの予稿集に見られる。その予稿集には技術の詳細は記されていないが、それこそがランプ型波形を利用した上記の特許に関わる技術であると推測される。IDRCの1ヵ月後の1995年11月に、同社はこの技術をアメリカ特許庁に特許申請し、1998年4月に認可されている(米国特許:5745086)。すでに触れたように、松下では1995年5月にプラズマコと共同研究契約を結んでいるから、論文や特許という形式化された果実が出る前に、松下はプラズマコの技術力に目をつけていたのである。

プラズマコの買収によって松下は同社の技術を利用できるようになった。また、プラズマコの保有特許は富士通の特許と補完的な関係にあったので、その後の松下による事業化の過程で富士通とクロスライセンシング交渉をするうえで有利に活用できたはずである。

ここまでの事例分析で見たように、プラズマコ社は数々の苦難を乗り越えてきたが、節目となる出来事にはSIDが関わっている。Birk(1997)によるとプラズマコはほとんど毎年のようにSIDで発表している。最初の発表は1988年のことで、その後1993年を除いて全ての年にSIDで発表している。1993年は経営体制が大きく変わった年であり、さすがに学会発表どころではなかったのだろう。ここでの問題は、それがどのような形態の発表だったのかということである。というのもプラズマコ社の活動はビジネス関連性が高い、その意味で学会の私有地としての性格がより強い場での活動だったと考えられるからである。

1994年にウェーバーがPDPを展示したのは学会併設の展示会だと思われる⁷⁹。なぜなら数日間にわたってブースが開き続けている(つまりパークが立ち続けられる)のは学会併設の展示会だけだからだ。他の機会では時間が細かく設定されている。1994

⁷⁹ なお1994年のSID International Symposiumは正式名称をthe Society for Information Display's 1994 International Symposium, Seminar, and Exhibitionといい、展示会は学会の公式の催し物である。

年の展示会では 200 以上のブースが立ち並び最新のディスプレイ、部品、装置などを展示した。展示は火曜日の午前 9 時に始まり木曜日の午後 2 時までであった (Farrell et al., 1994, p.21)。ウェーバーがようやく PDP を展示できたのは、したがって木曜日の正午ごろのことであろう。SID への参加経験をもつ業界関係者とのヒヤリングによれば、学会併設の展示会は SID に参加してくる人に見せることが目的であり、展示内容は新規技術に関わることが主である。シンポジウムの論文報告と展示会での展示とはセットになっていることが多いが、展示会を見るだけでも価値がある。

既述のように、SID に付随する発表の形態としては口頭発表およびそれと合わせておこなわれる Authors' Interview、ポスターセッション、学会併設の展示会、非公開のプライベート・デモという 5 つがある。そのうちで識別可能なのは口頭発表とポスター発表であり、このいずれかであれば予稿集に発表の形跡が残る。一方で SID 併設の展示会であれば予稿集には発表の形跡が残らない。また非公開のプライベート・デモも同様に学会の公式な記録には形跡が残らない。したがって予稿集を見れば、それが口頭発表あるいはポスター発表か、それとも併設の展示会あるいは非公式のプライベート・デモかという区別が可能である。この 4 種類の発表形態を比較すると、前二者は相対的に学会の科学の共有地としての性格が強い発表形態であり、それに対して後二者は相対的に学会の私有地としての性格が強い発表形態である。

図表 2.2.2.12 の左側は Birk(1997)に記されたプラズマコの SID における 1988 年から 1997 年までの発表が学会の予稿集に掲載されているかどうかを示したものである。SID のホームページでは会員用に過去の記事を検索できる機能が提供されている。ここでは、そのうち 1998 年以前の記事を検索する機能を利用した。この機能では過去の記事をタイトル、著者、所属組織、キーワード、出版物、出版年によって検索することができる。検索できる雑誌 (予稿集) は SID Proceedings (1976 ~ 1991)、SID Journal (1993 ~ 1997)、Information Display (1994 ~ 1997)、SID Symposium Digest (1990 ~ 1998)、IDRC (1989 ~ 1997) である。これを用いて、所属組織が Plasmaco である著者の記事を検索した。加えて著者が Weber である発表を検索し、所属組織としてプラズマコ社以外を登録しているウェーバーの発表を抽出した。なお、実質的にプラズマコ社が学会で活動したのは 1988 年から松下に買収される 1996 年の前年の 1995 年であり、表中の破線はそのことを表している。また、例年日本で開催される IDW (International Display Workshop) に関しては検索の対象からもれているため、ここでの作業結果は網羅的ではない点に注意が必要である。

すでに述べたように、プラズマコ社は 1988 年から 1997 年まで、1993 年を除く全ての年に SID で発表している。一方でプラズマコ社の発表として学会の予稿集に記録が残されているのは 1995 年のものだけである。この発表は IDRC (International Display Research Conference) でのウェーバーによる招待講演で、PDP の技術的な特性や利点を述べたものであり、プラズマコ社のカラー PDP を例として示している。この年の IDRC は日本の浜松で 10 月に開催された。プラズマコ社は同じ年の 5 月にはすでに松下との共同研究契約を結んでいたから、学会での活動をビジネスに直結させようという点での緊急性は以前と比べて低かったものと考えられる。また、プラズマコ社としてはないもののウェーバーは 1990 年にも SID シンポジウムで発表している。これはイリノ

イ大学の研究者として発表したもので、ウェーバーは第2著者として参加している。

以上の検討の結果、この文献検索には IDW が対象として含まれないためここでの結果はひとつの目安に過ぎないものの、プラズマコ社はその発表の大半を学会併設の展示会においておこなったのだと推測することができる。

図表 2.2.2.12 プラズマコ社関連の S I D 発表と特許

年	発表の有無	雑誌（予稿集） 掲載の有無	ウェーバーの発表 （プラズマコ以外）	プラズマコ の特許	ウェーバーの特許 （プラズマコ以外）
～1987	不明		4		7
1988	有				1
1989	有				1
1990	有		1		1
1991	有			1	
1992	有				1
1993					
1994	有				
1995	有	1		3	
1996	有				
1997	有			1	
1998～	不明	不明	不明	7	

注）プラズマコ社の発表の有無については Birk(1997)を基に発表があった年をチェックした。そのほかのセルでは発表または特許があった場合にその件数を記している。予稿集への掲載は SID ホームページの会員用サイトにある 1998 年以前の SID 出版物検索機能を利用し、所属機関 = Plasmaco の発表を検索した。同様にして著者 = Weber を検索し、所属機関としてプラズマコ以外を登録しているウェーバーの発表を探した。この検索機能から検索できるのは過去の SID のジャーナルのうち 1976～1997 年のもの（年 4 回発行され、1976～1991 年は SID Proceedings といい、1993～1997 年は SID Journal という）、IDRC の 1989～1997 年の予稿集、SID シンポの 1990～1998 年の予稿集、SID が発行する月刊誌 Information Display の 1994～1997 年である。SID 三大会のうち IDW 全てと、SID シンポの 1989 年以前、IDRC の 1988 年以前は検索できなかった。特許については、アメリカ合衆国の特許局のホームページから米国特許を検索した。まず出願人として Plasmaco を検索したところ著者としては Weber と Marcotte という 2 名がいたため、それぞれの名前が発明者として登録されている特許を加えて検索した。

事例を簡単にまとめておこう。プラズマコ社は銀行との融資の交渉にあたって SID での発表を条件に挙げ、また最終的には学会を通じて日本の松下との共同研究契約、松下による買収へと至った。そしてプラズマコ社の技術は松下の PDP 事業化の過程で重要な役割を果たした。こうしたことから、プラズマコ社の事例は学会での活動をビジネスに直結させた事例であると考えられるが、そうした活動の場として、学会のな

かでもとくに暗黙的なカテゴリの知識のやりとりが可能であるような発表形態を選んでいたことは興味深い。実際に松下がプラズマコ社との共同研究契約を結んだのは同社の重要な技術が特許として出願される以前のことであり、形式化された知識のみのやりとりであれば難しかった知識の授受が、そこには既に起きていたと考えられる。もちろん知識のやりとりの場は必ずしも SID だけとはかぎらないものの、プラズマコ社による積極的な学会活用の事例は、暗黙的なカテゴリの知識のやりとりを含め、学会が技術戦略上多面的な意義を持ち、実際にそうしたものとして活用されたことを示す事例である。

(5) まとめ

以上、本節では既存産業における科学(サイエンス)の意義の変化を論じてきた。既存産業の例としてはテレビ産業をとりあげ、そのディスプレイ技術である液晶表示技術と PDP 技術という大別二種類の技術に着目してきた。

議論の出発点に置かれたのは、ディスプレイ関連学会の発表件数における「日韓逆転」というショッキングなレポートであり、われわれはまず事実関係を精査した。その結果、「日韓逆転」は事実としてわれわれのデータでも確認されるけれども、韓国による学会発表の急増の背後にはポスターセッションにおける発表の増大が寄与していることを突き止めた。しかしその議論の過程で、学会が「科学の共有地」であるという形式論は必ずしも十分ではないということで、「学会の商業化」という論点を提起し、そうした見立てを含む試論的な議論を展開した。また、関連して、米プラズマコ社の事例にもふれた。

われわれの見立てでは、「商業化」する学会という現象は、既存産業の「サイエンス型化」と同時並行して起きている現象である。「サイエンス型化」する既存産業の分野では、学会を「科学の共有地」とみる伝統的・形式的理解だけでは、産業における科学の意義を十分に理解することができないように思われる。

既存産業における産業と科学との関係をみると、本節で提起した「学会の商業化」は、疑いなく重要な論点である。SID のような、どちらかといえば開発・応用よりに位置づけられる学会は今日、多かれ少なかれ商業化している、とわれわれはみている。学会の商業化の意味するところは、本節で略述したとおりであるが、良い悪いは別にして、学会の商業化の現実を正確に把握し、そのような学会でプレゼンスを高めることが参加企業の技術戦略にとってどういう意味をもっているのかを正しく理解することが重要である。そのような理解は、イノベーションの起こり方にユニークな洞察を提供し、イノベーションの測定にも影響するはずである。

参考文献

後藤晃・長岡貞男編、『知的財産制度とイノベーション』、東京大学出版会、2003 年。

後藤晃・小田切宏之編、『日本の産業システム サイエンス型産業』、NTT 出版、2003 年。

科学技術政策研究所、『平成 16 年版科学技術指標 データ集 2005 年改訂版』、調査資料 117、文部科学省科学技術政策研究所、2005 年 4 月。

小松裕司、「平面ディスプレイ技術の研究開発動向」、『科学技術動向』、文部科学省科学技術政策研究所、No.41、2004 年 8 月、13 -24 頁。

交流協会、『アジアのフラットパネルディスプレイ産業』、財団法人交流協会、2005 年。

McMillian G. Steven, Francis Narin and David L. Deeds, “An Analysis of the Critical Role of Public Science in Innovation: The Case of Biotechnology,” *Research Policy*, 29, 2000, pp.1 -8.

Nelson, Richard R., “The Market Economy, and the Scientific Commons,” *Research Policy*, 33, 2004, pp. 455 -471.

小田切宏之、『バイオテクノロジーの経済学 「越境するバイオ」のための制度と戦略』、東洋経済新報社、2006 年。

小笠原敦・松本陽一、「テレビ産業の競争と利益獲得方法の多様化」、榊原清則・香山晋編著、『イノベーションと競争優位 コモディティ化するデジタル機器』、NTT 出版、2006 年、163 ~ 196 頁。

特許庁編、『平成 15 年度特許出願技術動向調査 4 PDP 表示制御』、社団法人発明協会、2004 年。

特許庁編、『平成 16 年度特許出願技術動向調査報告書 プラズマディスプレイパネルの構造と製造方法』、特許庁、2005 年 3 月。

特許庁編、『平成 17 年度特許出願技術動向調査報告書 液晶表示装置の画質向上技術』、特許庁、2006 年 3 月。

Jaffe, Adam B., and Manuel Trajtenberg, *Patents, Citations, and Innovations: A Window on the Knowledge Economy*, MIT Press, 2002.

Zucker, Lynne G. and Michael R. Darby, "Capturing Technological Opportunity via Japan's Star Scientists: Evidence from Japanese Firm's Biotech Patents and Products," *Journal of Technology*, 26, 2001, pp.37-58.

Zucker, Lynne G., Michael R. Darby and Jeff S. Armstrong, "Commercializing Knowledge: University Science, Knowledge Capture, and Firm Performance in Biotechnology," *Management Science*, 48, 2002, pp.138-153.

プラズマコ社の事例の参考文献

Birk, Jane D., "The Perils of Plasmaco," *Information Display*, Vol.13, No.12, 1997, pp.26-29.

Farrell Joyce E., and Terence J. Nelson, "SID '94: Everything You Ever Wanted to Know About Information Display," *Information Display*, Vol.10, No.3, 1994, pp.18-21.

Lieberman, David, "Plasma Goes for the Gold" in *Electronic Engineering Times*, CMP Media Inc., October 30, 1997.

Murtha, Thomas P., Stefanie Ann Lenway, and Jeffrey A Hart, "*Managing new industry creation: global knowledge formation and entrepreneurship in high technology: the race to commercialize flat panel display*," Stanford University Press, Stanford, California, 2001.

Ramstad, Evan, "A Passion for Plasma Helps Fuel Advances in Flat-Screen Technology --- How Larry Weber Rescued Plasmaco, Seeks to Make High-Tech TVs Cheaper," in *Wall Street Journal*, August 30, 2000.

Werner, Ken, "The Way to San Jose," *Information Display*, Vol.10, No.9, 1994, pp.22-34.

内池平樹「PDP：基礎技術と構成材料および関連技術の今後の展開」『日経 FPD 2006：基礎技術編』日経 BP、2006 年、92～116 頁。

荻原博之「開発の軌跡：プラズマテレビ」『日経メカニカル』日経 BP、2003 年 10 月～

2004 年 3 月。

村上宏「カラーPDP の現状と今後の展望」『カラーPDP 技術』シーエムシー、1996 年、18～38 頁。

付表 1 SID における日韓の発表件数

液晶			プラズマ		
年	日本(PS)	韓国(PS)	年	日本(PS)	韓国(PS)
1990	14(0)	0(0)	1990	4(0)	0(0)
1991	34(0)	0(0)	1991	4(0)	0(0)
1992	29(0)	0(0)	1992	9(0)	1(0)
1993	33(11)	1(1)	1993	4(1)	0(0)
1994	25(3)	1(0)	1994	5(0)	0(0)
1995	34(8)	4(1)	1995	4(0)	0(0)
1996	38(10)	8(2)	1996	5(0)	1(0)
1997	34(6)	12(4)	1997	4(1)	1(2)
1998	39(0)	6(0)	1998	6(0)	1(0)
1999	36(13)	8(2)	1999	10(2)	5(4)
2000	47(12)	15(4)	2000	5(2)	14(11)
2001	45(8)	23(12)	2001	10(0)	17(7)
2002	40(14)	23(15)	2002	10(0)	16(11)
2003	31(11)	26(12)	2003	13(2)	22(16)
2004	38(9)	31(10)	2004	8(1)	22(14)
2005	35(12)	41(22)	2005	8(0)	18(8)
2006	42(13)	51(26)	2006	7(1)	36(21)

注) 日本のデータは、筆頭著者が日本の組織に所属している発表件数、韓国のデータは、筆頭著者が韓国の組織に所属している発表件数、をそれぞれ示す。カッコ内数はポスターセッション(Poster Session)での発表件数。

付表2 筆頭著者の所属組織でみた発表件数上位20位の発表件数推移（液晶）

順位	組織名称	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06
1	Kent State University (米)	1	0	3	0	4	7	5	7	7	11	11	5	8	9	5	5	3
2	Samsung Electronics (韓国)	0	0	0	0	0	1	3	1	3	1	6	4	3	7	12	13	17
3	IBM (米)	3	1	3	4	2	2	9	5	7	7	9	9	4	3	0	0	0
4	Philips (蘭)	0	2	0	3	0	2	2	1	1	1	4	4	8	5	9	11	3
5	シャープ	2	0	4	6	3	2	3	1	4	4	3	4	4	1	5	5	3
6	日立	0	4	1	3	2	4	2	2	5	1	3	2	3	2	0	5	5
8	NEC	1	2	1	3	2	4	6	3	2	1	3	4	2	1	2	3	3
7	東芝	0	4	4	4	4	4	5	2	2	4	1	2	1	1	0	2	0
9	Brown University (米)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	3	3	6	4	2	3	4
10	三菱電機	1	2	1	2	1	1	0	3	4	0	1	1	2	5	2	1	2
11	LG. Philips LCD (韓国)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	5	6	6	5
11	Pusan National University (韓国)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	4	3	3	3	5	4
13	Corning (米)	0	1	1	1	1	2	1	1	0	0	3	1	3	1	4	3	1
13	Hong Kong University of Science and Technology (香港)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	2	1	4	3	8
15	ITRI (台湾)	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	4	3	2	2	5	1	2
15	ソニー	0	0	1	0	0	1	2	1	1	1	4	0	2	3	3	1	3
17	University of Stuttgart (独)	2	1	2	2	3	2	1	3	2	1	3	0	0	0	0	0	0
18	松下電産	1	1	1	1	1	1	2	3	2	1	2	1	2	0	1	0	0
18	東北大学	0	0	0	2	1	1	2	1	0	4	2	2	0	0	1	1	3
20	富士通	2	2	1	0	1	0	1	1	1	2	4	1	2	1	0	0	0

注) 4-9件が薄い網掛け、10件以上が濃い網掛け

付表3 筆頭著者の所属組織でみた発表件数上位20位の発表件数推移(プラズマ)

順位	組織名称	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06
1	LG Electronics (韓国)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	3	0	5	1	1	5
2	Samsung SDI (韓国)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	2	3	4	8
3	Seoul National University (韓国)	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	3	2	2	5
4	Kyungpook National University (韓国)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	4	3	5
5	富士通	0	1	1	1	0	0	1	0	1	2	1	3	2	3	1	1	0
6	Hongik University (韓国)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	1	2	4
7	Sejong University (韓国)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	4	2	2
7	電気通信大学	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	広島大学	1	2	2	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
9	NHK	0	1	1	1	2	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	1	1
11	Thomson (仏)	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0
12	富士通日立プラズマディスプレイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1	2	0	1
13	South East University (中国)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	1	2
14	松下電産	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	1	0	1	1
14	NEC	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
14	Philips (蘭)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1	0	0	1
14	パイオニア	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	2	2
18	Samsung Advanced Institute of Technology (韓国)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	1	1	0
19	Orion Electric (韓国)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0
20	Inha University (韓国)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1
20	Korea Institute of Science and Technology (韓国)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
20	松下電子	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Pusan National University (韓国)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1

注) 2 - 4 件が薄い網掛け、5 件以上が濃い網掛け

2.2.3 企業価値と知的資本 - ライフサイエンス産業を事例に -

【小田切宏之（一橋大学 経済学研究科 教授）】

【羽田尚子（駒澤大学 経営学部 講師）】

（１）はじめに

ライフサイエンス産業（バイオ産業・医薬品産業）は、科学成果が直接的に特許の発現にインパクトを与えるケースが多い典型的なサイエンス型産業である。科学成果と技術の関係については、小田切（2006）⁸⁰において既に基礎科学との連携の深いバイオ産業の特性や、バイオ産業における知的財産権の重要性、産学連携やベンチャー企業を中心とした基礎科学からの移転の状況等について、整理されている。また、ライフサイエンス産業は特許等の無形価値の「知的資本」が企業価値として重視されていることも既に明らかにされており、科学成果を企業価値（主に株価）として測定することが可能な産業といえる。

本稿は、企業価値と知的資本（intellectual capital）との関係を分析したもので、かつ最近のデータを用いた実証分析を中心にサーベイした。企業保有の知的資本は、株式市場で評価され、企業価値形成に貢献する。知的資本が企業価値形成にどの程度貢献しているのかを測定した先行研究では、研究開発投資額および保有特許数のフローもしくはストックを知的資本の指標に用いたものが多い。分析に用いる指標がその目的により異なることは承知しているが、今回特に、研究開発投資額および保有特許数以外を知的資本の指標に用いた実証分析を中心にサーベイしている。

本節ではまず、知的資本がどのようなプロセスで企業価値に貢献しているかという、企業価値と知的資本との関係をとらえる上で基本となる考え方について解説する。そしてその考えに基づいて定式化された Cockburn and Grilichs（1987, 1988）のモデルを紹介する。次に、企業価値と知的資本との関係を分析した先行研究の概要を紹介する。知的資本に用いた指標および分析結果の概要を中心にまとめている。自分なりに整理するため、以下３グループに分類している：

- ・ バイオテクノロジー関連産業に関するもの
- ・ 知的資本の測定に関するもの
- ・ 業種による知的資本の評価の違いに関するもの。

最後にそれらの先行研究から得た知見を述べ、ライフサイエンス産業（バイオ産業・医薬品産業）への適用を検討する。

（２）知的資本と企業価値

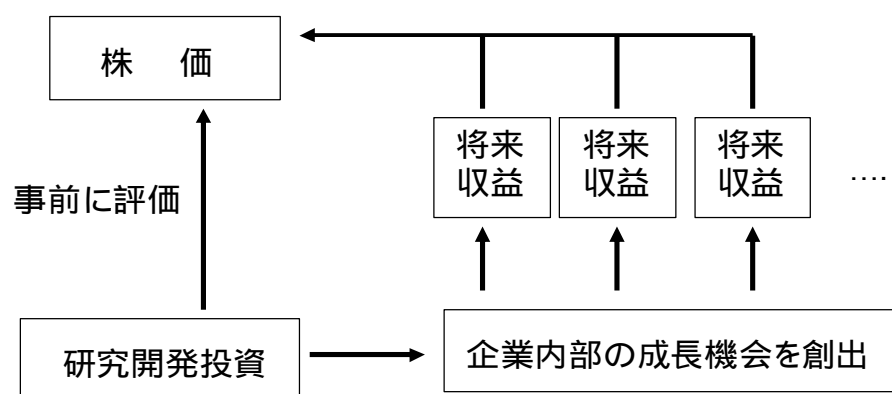
企業が競争優位を築く源泉として、バランスシートに記載されている資産（tangible assets）だけではなく、むしろそれ以上に、目に見えない資産（intangible assets）あるいは知的資本（intellectual capital）の重要性が幅広く認識されるよ

⁸⁰ 小田切宏之「バイオテクノロジーの経済学」2006年、東洋経済新報社

うになってきた。

例えば研究開発投資額は、我が国の会計基準では、投資を実施したときには、その支出額はその年度に全額費用計上されている。企業が設備投資を実施したときには、その支出額全額を資産計上した上で、耐用年数にわたって費用処理するのとは対照的である。この対照的な会計処理は、将来便益の不確実性の程度が研究開発投資において特に高いこと、研究開発投資支出と将来収益の間に直接の因果関係を明示できないことが主たる原因であるとされる。研究開発投資は企業が競争有意を築く源泉として重要な役割を担っているが、このような目に見えない資産の価値をどのように測定すればよいのだろうか。この方法の1つに、研究開発投資が企業の市場価値に及ぼす影響を考察することにより、研究開発投資の効果を分析するものがある。これは市場価値アプローチ（Market Value Approach）と呼ばれる。市場価値アプローチの基本的な考え方を図示したのが図表2.2.3.1である。

研究開発投資には新製品の開発、現有製品の改良、製品システムや販売システムの高度化などを通じて、経営の革新と企業の成長を促進し、企業価値を創造するドライバーとしての役割が存在する。研究開発投資が将来の収益増加あるいは費用削減に貢献すると期待されるときには、将来の純利益の増加を事前に評価して、株価はポジティブに反応するであろう。このとき、決算によって確定された会計上の純利益の増加によって、過去に行った研究開発投資の成果が本年度に発現したことを確定することとなる。このような考え方に基づき、研究開発投資は株価形成に関連し、株式市場で決まる企業価値と正の相関があると考えることができる。



（出所） 榊原，與三野，鄭，古澄（2005）

図表 2.2.3.1 研究開発投資と株価形成

このようにバランスシートに記載されている有形資産だけではなく、むしろそれ以上に知的資本を含む目に見えない資産 (intangible assets) の重要性は幅広く認識されており、株価形成との関連について複数の先行研究が存在し、定式化されている。代表的なものには Cockburn and Griliches (1987, 1988) がある。Cockburn 等は、企業価値は企業の保有する有形資産 (tangible assets) と無形資産 (intangible assets) で決定されるとし、次のような定式化を行った。

$$V_t = \alpha(A_t + \beta K_t)$$

V_t, A_t, K_t はそれぞれ t 年度の企業価値、企業保有の有形資産、無形資産を表して

いる。 α は有形資産投資の調整費用に依存する正のパラメータで、 β は有形資産と無形資産との間の相対的なシャドウプライスである。これが 1 より小さければ (大きければ) 無形資産の企業価値に与える限界的な効果は、有形資産のそれよりも小さい (大きい) といえる。企業価値は株価総額に負債総額を加えたもので計算され、それを有形資産の再取得価格で割ったものがトービンの q である。従って、トービンの q は上記式両辺を有形資産総額 A で割ることにより、以下のように求めることができる。

$$q_t \equiv \frac{V_t}{A_t} = \alpha \left(1 + \beta \frac{K_t}{A_t} \right)$$

トービンの q は長期的には 1 をとる。企業の無形資産が企業収益に貢献すると予想されている限り、企業価値は有形資産のみが反映されている総資産を上回るはずであるから、無形資産を多く保有する企業ではトービンの q が 1 を超えて高くなるように株価が成立すると予想される。Cockburn 等のモデルは、その後複数の研究者により改良が加えられた。代表的なものには Hall et al. (2005) があるが、基本となる考え方は同一である。

無形資産には、知的資本以外にブランドや企業間関係なども該当するが、知的資本と企業価値との関係に注目した先行研究は複数存在する。特に企業の研究開発投資額や保有特許数を知的資本の指標に用いて、研究開発投資や特許取得が企業の市場価値に及ぼす影響を考察することにより、その投資効果を分析したものが多い。(2)では、企業価値における知的資本の貢献を調べた先行研究の概要を紹介する。

(3) 先行研究の概要

バイオテクノロジー産業に関するもの

Nesta and Saviotti(2006)は、バイオテクノロジー企業の企業価値と知的資本との関係を分析した。Nesta 等は、企業に優位性をもたらすのは、相互に関連しあう技術の存在であると考えた。そして企業が保有する技術が相互に関連しあう程度を測定し、これを知識の融合 (knowledge integration) の程度とみなした。企業内で効率的な知識の融合が進むと、生産効率の改善、新製品開発が促進され、企業収益に貢献する。株主がそのように期待するので、知識の融合は知的資本として株式市場で評価されると推測したのである。この背景として、Nesta 等は、細胞融合技術や組み換え DNA 技術、遺伝子解析あるいは情報科学などの新技術が、核酸やタンパク質構造モデルの基本ツールとなり、その結果、新薬の開発に変化が起こったことをあげている。つまり「試行錯誤型」研究開発から「情報科学や遺伝子解析などの基本ツールを活用し、合理的に新薬をデザインする」という研究開発に変化した点である。このような例からも、知識の融合が 1990 年代のバイオテクノロジー企業のイノベーション創造に、重要な役割をはたしていることを指摘している。

では知識の融合の程度は、どのように測定すべきか。Nesta 等は、Teece et al.(1994) を参考に、次のような流れで知識の融合の程度を測定している。詳細は Nesta 等の論文を参照いただきたい。

- (1) 各特許の指定技術 (30 クラス) を調査
- (2) 技術 i、と j 双方とも指定した特許数を調査
- (3) 技術 i と j の 1 特許あたりの平均指定回数を調査。

もし 2 が 3 を上回る (下回る) のであれば、技術 i と j が相互に関連する程度は強い (弱い)。Nesta 等は、上記 1-3 の流れで、技術 i と j 相互の関連の程度を求め、その平均値を年次ごとに測定した。この知識の融合の程度によりウエイト付けしたと特許を、知的資本の評価に用いている。これにより、知識の融合の程度が大きい特許を高く、低い特許を低く計測することが可能となり、特許の質の違いを盛り込む工夫が行われている。

推計したモデルは先に紹介した Cockburn 等と同様であり、企業 n の時点 t における企業価値は、保有する有形資本と無形資本により、株式市場で決まるものとしている。

$$V_{nt} = q_{nt} \left[C_{nt} + (\gamma + \tau_{nt}^i) K_{nt} \right]$$

C が有形資産、K が無形資産を現す。Nesta 等は、株主は、無形資産における知識融合の程度も考慮して、株主が無形資産を評価すると推測している。i はその知識融合の程度を表している。実際の推計には、無形資産に 3 つの知的資本指標を用いている。

$$(V - c)_{nt} = a + \beta \pi_{nt} + \lambda r_{nt} + \gamma \left(\frac{K}{C} \right)_{nt} + \tau \left(\frac{K}{C} \times i \right)_{nt} + u_{nt}$$

$$\pi_{nt}, r_{nt}, \left(\frac{K}{C} \right)_{nt}, \left(\frac{K}{C} \times i \right)_{nt}$$

左変はトービンの q (の対数) と等しくなる。

れ、企業 n の t 年次利潤、研究開発投資額、知的資本 (特許ストックで計測)、融合知識 (知識の融合の程度でウェイト付した特許ストックで計測) である。分析対象期間は 1989 年から 1997 年であり、分析対象は米国のバイオテクノロジー企業 84 社であった。尚、84 社は図表 2.2.3.2 のような構成になっている。各変数に関する平均値も合わせて記載している。

バイオテクノロジー企業は医薬品、化学、農作物食品が主部門であり、多角経営企業とバイオテクノロジー特化企業 (Dedicated Biotechnology Firms : DBFs) が含まれる。DBFs は、比較的新しい小規模な企業が多く、バイオ製品の開発および製品化に特化した企業である。DBFs の企業規模は、医薬品、化学、農作物食品に比べ小規模であるが、研究開発集約的であり、知識融合の程度が他 3 部門と比べて高いことが、表 1 から読み取ることができる。医薬品企業は、化学および農作物食品と比べて研究開発集約的であり、知識融合の程度が高く、トービンの q が 2 以上と高い点でも、DBFs と医薬品企業は類似しているといえよう。

Nesta 等は、OLS、最小二乗ダミー変数モデル、GMM で推定を行った。全企業 84 社をプールした分析結果から、次の 2 点がわかった：

- (1) 研究開発投資額および利潤増加は、企業価値の上昇に貢献する。利潤が 1 ドル増えると、企業価値は約 2.7 ドル増加し、研究開発投資額が 1 ドル増えると、約 5.5% 増加する。この結果は製造業を対象とした Griliches 等の先行研究と比較して高く⁸¹、バイオテクノロジー産業の研究開発投資が企業価値に与える貢献の大きさを示すものとなった。
- (2) 知的資本 (特許ストック) と融合された知識の増加は、企業価値の上昇に貢献する。

更に、84 社を表の 4 部門に分類し、最小二乗ダミー変数モデルで部門別の推計を行った。結果は図表 2.2.3.3 に示した。バイオテクノロジー技術の開発・利用を行っていても、部門間で知的資本の評価が異なることが読み取れる。バイオテクノロジー部門 (DBFs) では、融合知識ストックの増加のみが企業価値の上昇に貢献することがわかる。一方、特許ストックおよび利潤の回帰係数は負であり、研究開発投資額の回帰係数も有意ではないが負であった。Nesta 等は、バイオテクノロジー部門では、研究

⁸¹ Griliches 等の分析では、研究開発投資額 1 ドルの増加は、企業価値を 2 ドル押し上げることがわかった。

開発が技術となって結実するまでに、長期間多額の資金を投じなくてはならない点をこの理由にあげている。それゆえ株主は、短期的には負の配当であっても、それが将来、新技術開発による競争優位をもたらすと期待して投資を行っていると解釈している。

医薬品部門では、研究開発投資額、特許ストックおよび融合知識ストックは株式市場で評価され、知的資本の増加が企業価値増加に貢献することが示された。一方、農作物食品部門および化学部門では、融合知識ストックの回帰係数は正であるが有意ではない。その理由として、これらの部門ではバイオテクノロジー関連技術の開発および活用が医薬品部門に比べて遅かったことをあげている。

以上の分析結果から、知識の融合がバイオテクノロジー企業の株価形成に関連していることがわかった。知識の融合の促進は、発明の効率的な創造、費用削減を通じて将来の収益増加に貢献すると株式市場で評価されていることがわかった。また部門別の推計結果から、バイオテクノロジー関連技術の開発・活用が行われていても、株式市場が知的資本として評価する指標は、部門により異なることも読み取ることができる。

知的資本の指標に関するもの

a . Coombs and Bierly (2006)

Coombs 等は、知的資本に該当する複数の指標と、企業価値、自己資本利益率などの複数の企業パフォーマンス指標との関連を分析し、知的資本として望ましい指標について考察を加えている。分析対象企業は米国の特許取得上位 1000 社（内製造業。大学は除く）、分析対象期間は 1989～1993 年である。

Coombs 等が分析に用いた知的資本の指標は

- (1) Number of patents : 保有特許数。
- (2) Current impact index : 過去 5 年間の特許引用回数。
- (3) Technology cycle time : フロントページ引用回数平均。
- (4) Science Linkage : フロントページに引用された論文数平均⁸²
- (5) R&D/Sales : 売り上げに対する研究開発投資額

他、特許ポートフォリオでのサイエンス・リンケージ数など計 7 指標である。

分析結果は、知的資本が企業パフォーマンスに貢献していることを示すものとなっており、特に「(4)サイエンス・リンケージ」および「(2)特許引用数」は、複数の企業パフォーマンス指標と正で有意な相関が見られた。一方、「(5)研究開発投資」は、企業価値をはじめとする複数の企業パフォーマンス指標と負の相関、あるいは正であっても有意性が得られなかった。

Coombs 等はこの分析結果に加え、McCutchen and Swamidass (1996) 他いくつかの先行研究において、研究開発投資額が企業価値創造に貢献していない点、そして将来

⁸² フロントページには、出願日、優先日、出願人、発明者、発明の名称、概要等の書誌的事項が掲載される。従ってフロントページを見ることにより、特許のおおよそ内容や権利者を知ることが可能である。

便益の不確実性の程度が研究開発投資において得に高いため、研究開発投資額と将来収益との間に直接の因果関係を明示するのが困難である点を理由に、研究開発投資額は知的資本の指標には不適切であるとしている。むしろ特許引用回数、論文引用数などのサイエンス・リンケージ指標の方が、知的資本の計測に適した指標だと結論づけている。

b . McGahan and Silverman(2006)

McGahan 等は、他企業の知的資本の増加が、当該企業の企業価値に与える影響を分析したものである。McGahan 等はまず Hall et al.(2005)を参考に、以下のようなモデルで企業価値における知的資本の貢献を検証した。

$$\ln(Tobin's\ q^{it}) = \beta_0 + \ln(\beta_1 OwnR \& D_{it} \times \beta_2 OwnPatents_{it} \times \beta_3 OwnCitations_{it}) \\ + \beta_4 NoR \& D_{it} + \beta_5 NoPatents_{it} + \sum_t \beta_t D(Year_t) + \varepsilon_{it}$$

D は年次ダミー、 $NoPatents_{it}$ および $NoR \& D_{it}$ はそれぞれ、企業 i が t 年度に特許数（研究開発投資額）0 を計上した場合は 0、それ以外は 1 をとるダミー変数であり、これを用いることにより、保有特許や研究開発投資の有無が、投資家の認識の違いをもたらすかを考慮している。

知的資本の指標には、以下 3 指標を用いている。

$OwnR \& D_{it}$: 企業 i の t 年度研究開発投資額（1971 年から陳腐化率 15 パーセントで計算したストック値）

$OwnPatents_{it}$: 企業 i の t 年度保有特許数（1975 年から陳腐化率 15%で計算したストック値）

$OwnCitations_{it}$: 企業 i の t 年度特許引用回数（1975 年から陳腐化率 15%で計算したストック値）

保有特許数と特許引用回数は類似した指標のようだが、保有特許を一般的な特許、引用特許数（当該特許を引用した後発特許の数が該当すると思われる）を重要な特許ととらえることにより、特許の質の違いが企業価値に与える貢献を見ることができる。

更にこれらの指標に加え、他企業の知的資本を表す 6 変数も用いている。

$RivalR \& D_{it}$: 企業 i のライバル企業の t 年度研究開発投資額合計 (1971 年から陳腐化率 15%で計算したストック値)

$RivalPatents_{it}$: 企業 i のライバル企業の t 年度保有特許数合計 (1975 年から陳腐化率 15%で計算したストック値)

$RivalCitations_{it}$: 企業 i のライバル企業の t 年度特許引用回数 (1975 年から陳腐化率 15%で計算したストック値)

$OutsiderPatents_{it}$: その産業内で、企業 i およびそのライバル企業とは関連がない特許数合計 (1975 年から陳腐化率 15%で計算したストック値)

$OutsiderCitations_{it}$: 企業 i およびライバル企業を除く当該産業内企業の t 年度特許引用回数合計 (1975 年から陳腐化率 15%で計算したストック値)

これらの変数を加えることにより、当該企業以外の企業の知的資本増加が、当該企業の企業価値にどのような影響をもたらすか分析している。彼等は Market Stealing 効果 (他企業の知的資本の増加が、当該企業の市場優位性を脅かす効果) と Spillover 効果 (他企業の知的資本の増加が、当該企業の生産性向上に貢献する効果) の 2 つの効果を想定し、どちらの効果が相対的に大きいかが検証した。更に Yale Survey アンケート結果をもとに、特許保護の強弱の程度が、当該企業の企業価値へもたらす影響もあわせて分析している。

分析結果から、当該企業の知的資本は企業価値に貢献し、有形資産に対する知的資本の割合が高い企業ほど株式市場で高い評価を得ることが示された。また、ライバル企業の知的資本はいずれも当該企業の企業価値に貢献しており、Spillover 効果が Market Stealing 効果を上回ることが示唆された。

一方、潜在的参入企業の知的資本が当該企業の企業価値に与える影響は、特許保護の強さに依存し、特許保護が弱い場合のみ Market Stealing 効果を spillover 効果が上回る結果となった。特に当該企業の属する製品市場に重要な特許を、ライバル企業が取得するか、市場外の潜在的参入者が取得するかが、当該企業の企業価値に異なる影響をもたらすことが興味深い。

McGahan 等の分析は、ライバル企業が重要な特許を取得すると、当該企業の属する製品市場のイノベーション競争の促進が期待できること、そしてそれが当該企業に成長機会をもたらす、将来の収益増加が期待できると株式市場が判断していることを示唆している。一方、潜在的参入者が重要な特許を取得した場合、株式市場は同様の期待はしないのである。また、研究開発投資が行われた場合とそうでない場合を、投資家は異なる認識でとらえていることも、ダミー変数を用いることにより判明している。

c . Lanjouw and Schankerman (2004)

Lanjouw 等の研究は、知的資本の測定に関するものである。知的資本に用いる特許に関して、各特許の質の違い考慮している。特許の質を表す指標には、引用回数、出願国数 (Patent Family Size)、特許クレーム数が先行研究で紹介され、分析に用いられている。Lanjouw 等はこのような複数の指標を用いて、特許の質を表す指数を作成した。この指数を用いて特許の質を調整し、それを知的資本の指標に用いて、企業価値と知的資本の関係を分析している。

Lanjouw 等が特許の質を示す指数の計測に用いた 4 指標は、以下である：

- (1) 特許クレーム数
- (2) 前方引用回数 (申請から 5 年以内に、当該特許を引用した後願特許数)
- (3) 後方引用回数 (当該特許が先行特許を何件引用しているか)
- (4) 出願国数

これらを用いて、医薬品、バイオテクノロジー、その他医療、化学、コンピュータ、電気、機械の 7 産業のウエイトを測定した。各産業の特許に占める 4 指標のウエイトを比較すると、どの指標がどの産業で最も重要であるか知ることができる。

ウエイトは産業により異なり、医薬品特許に対する前方引用回数のウエイトは約 48 パーセント、特許クレームが 28 パーセント、後方引用回数が 20 パーセント、出願国数が 5 パーセントとなった。医薬品以外の産業では、特許クレーム数が前方引用回数よりはるかに重要であり、50 パーセント以上のウエイトを占める。出願国数は医薬品、バイオテクノロジー、化学産業では極めて低いウエイトであるが、コンピュータ産業では約 31 パーセントであり、重要な役割を担っていることが読み取れる。

こうしてもとめたウエイトを使い、質の調整を行った特許数のストックおよび調整を行わない特許数のストックの 2 つを知的資本の指標に用いて、知的資本の企業価値への貢献を測定した。分析結果から、知的資本は株式市場で評価され、有形資産に対する知的資本の割合が高い企業ほど、株式市場で高い評価を得ていることがわかった。しかし質を調整した特許のストックと、未調整の特許のストックの回帰係数はほとんど変化がなく、モデルのフィットに改善は見られなかった。

業種による知的資本評価の違いに注目したもの

a. 榊原・與三野・鄭・古澄 (2006)

企業の研究開発投資がどの程度収益に貢献するかは、技術のスピルオーバーの程度、発明による収益の持続性など、業種による研究開発の特性が反映される。それゆえ研究開発投資が企業価値に与える影響は、業種により異なるはずである。榊原等は 1991 年から 2004 年の日本の上場企業 4173 社を対象に、以下のモデルにより研究開発投資と企業の株式時価総額の関連性を業種別に分析した。

$$MV_{it} = \alpha_{it} + \beta_{1t} BV_{i,t-1} + \beta_{2t} \frac{E_{it} - k_{it} \times BV_{i,t-1}}{k_{it}} + \beta_{3t} RD_{i,t-1} + \varepsilon_{it}$$

MV_{it} : t 年次における企業 i の株式時価総額

$BV_{i,t-1}$: t-1 年次における企業 i の自己資本簿価

E_{it} : 企業 i の t 年次の当期純利益

$RD_{i,t-1}$: 企業 i の t-1 年次の研究開発投資額

分析対象企業は、下記 4 条件を満たすものである。

- (1) 東京証券取引所第一部・第二部に上場している製造業
- (2) 3 月決算企業
- (3) 自己資本簿価と当期純利益の値が正
- (4) 自己資本コスト(k) が自己資本利益率 (ROE) に (1 - 配当性向) を掛けたサステイナブル成長率 (g) を上回る⁸³

分析結果は図表 2.2.3.4 に示した。全企業を対象とした分析では、企業特有効果と各時点特有の効果を除いた Fixed effect model による推計が行われている。

図表 2.2.3.4 の 1 行目、全企業の回帰結果を見ると、自己資本簿価、超過利益の割引現在価値、および研究開発投資額の回帰係数は優位に正であり、研究開発投資による成長機会の創出を、市場は平均してポジティブに株価に織り込んでいることが確認できた。

業種毎の結果では、年次ダミーを用いた OLS の推定結果が示されている。図表 2.2.3.4 の 2 行目以降が業種毎の推計結果である。研究開発集約度の違いにより、研究開発投資の収益への貢献が異なることを確認できる。研究開発集約度が 2 パーセントを越える高位の業種は、医薬品、化学、電気機械および精密機器であった。これらの業種では、サンプル数が 50 と少ない精密機器以外では、全ての業種で現有資産からの超過利益の割引現在価値と研究開発投資の回帰係数が有意に正である。これらの業種では、研究開発投資の積極的な展開による現有事業の改善や、新事業の創出による成長機会を市場は積極的に評価していると考えられる。

研究開発集約度が 1~2 パーセントと中位の業種は、輸送用製品、非鉄金属、機械、およびガラス・土石製品である。これらの業種では、非鉄金属だけ研究開発投資の係

⁸³ 新事業の創出機会と現有事業の著しい改良による成長機会を研究開発投資に代理させるため、全額配当を仮定した constant model を導入したためである。しかしながら企業は、全額配当せずに内部留保額を再投資することによりサステイナブル成長率だけ成長すると考えられる。それゆえ榊原等の分析では、定率成長配当割引モデルにおいて仮定される $k > g$ をみたす企業にサンプルを限定している。

数が有意ではない。非鉄金属では、研究開発投資がもたらす成長機会を市場は期待しておらず、現有資産からの超過収益力を積極的に評価していると推測できる。

一方、1 パーセント未満と研究開発集約度の低位な業種では、繊維製品のみが現有資産からの超過収益力と研究開発投資の回帰係数が有意で正であるものの、それ以外の業種ではいずれも有意ではない。市場はこれらの繊維製品を除く業種を、平均して、もはや超過利益を生み出さない、また新しい成長も期待しにくい成熟産業と評価していると考えることができる。

榊原等はまた、研究開発投資の収益への貢献が持続する期間も検証している。研究開発集約的な業種を対象に行った結果から、営業利益が研究開発投資によっておおむね 4 - 5 年の期間にわたり影響されることがわかった。この結果は Lev and Souginannis (1996) の米国における平均 6 年と比べるとやや短いものとなっている。

b . Greenhalgh and Rogers (2006)

Greenhalgh 等の分析結果からも、研究開発投資の収益への貢献の程度が、業種により異なる点を読み取ることができる。Greenhalgh 等は、1989 - 2000 年の英国製造業の企業データを Pavitt (1984) の技術区分により 6 グループに分類した⁸⁴。そして Pavitt の区分別に知的資本と企業価値との関係を分析した。知的資本の指標には、研究開発投資額、保有特許数が用いられている。

分析結果から、株式市場は、研究開発投資がもたらす将来の収益貢献を株価にもりこんでいることがわかったが、その貢献度は区分により異なることも示された。電気企業、化学企業を含む区分 4. Science based およびコンピュータソフト企業を含むグループ 6. Software-related firms では、研究開発投資の企業価値への貢献度は他の 4 グループの 1/3 以下であった。Greenhalgh 等は、化学分野での基礎研究がもたらす技術やソフトウェア技術が特許化しづらい点、それゆえ技術のスピルオーバーが大きい点をその理由にあげており、このような理由から、研究開発投資が企業収益にもたらす貢献が他業種と比べて低くなると考えている。

(4) 先行研究から得られた知見、今後の方向性

最近のデータを用いて企業価値と知的資本との関係をみた実証分析を中心にサーベイしたが、これらの先行研究から得られた知見をまとめる。そしてこれらの先行研究から、ライフサイエンス産業における知的資本の企業価値への貢献を測定する上で、考慮すべき点を整理する。

⁸⁴ Pavitt の分類は、技術進歩のパターンの違いにより全業種を 1. Supplier dominated, manufacturing and mining, 2. Production intensive, scale intensive, 3. Production intensive, specialized suppliers, 4. Science based の 4 グループに分類したものである。後に Tidd et al. (2001) により、5. Information intensive, 6. Software-related firms の 2 グループが追加された。Pavitt の分類では、ライフサイエンス関連企業は、4. Science based に該当する。

業種毎の知的資本の違いを考慮する

(2)の複数の先行研究が示しているように、株式市場が知的資本として評価する指標は、業種毎に差異がある。Coombs 等は、研究開発投資は知的資本の指標には不向きであるとしているが、Coombs 等の分析で研究開発投資額の回帰係数が正で有意にならなかったのは、業種による研究開発投資の評価の差異を考慮しなかったことが起因している可能性もある。

日本の製造業を対象にした榊原等の分析では、研究開発集約度により、研究開発投資額の市場評価は異なった。研究開発集約的な業種では、株式市場は、研究開発投資のもたらす生産性向上や、新事業創出による成長機会を期待しているが、研究開発集約度の低い業種では、研究開発投資のもたらす成長機会を市場は期待していなかった。また、先端技術のバイオテクノロジー技術の開発・利用に積極的な企業であっても、研究開発投資の株式市場の評価は、その企業の属する業種により差が見られた。Nesta 等の分析結果では、バイオテクノロジー部門 (DBFs) では、株主は研究開発投資の企業価値への貢献は期待していないことになる。同様の点は Greenhalgh 等の分析結果からも示唆される。化学企業を含む Science based 区分では、スピルオーバーが大きいいため、研究開発投資の収益への貢献度は他区分と比較して小さいことが示された。

一方で、ライバル企業からの技術のスピルオーバーの存在が、同一産業内の当該企業の収益増加に貢献することが McGahan 等により示されている。ライバル企業が当該市場で重要な特許を取得し、研究開発投資を行うことにより、当該市場の成長機会を株式市場が期待していると解釈することもできよう。

バイオテクノロジーは幅広い技術であり、さまざまな産業で幅広く使われている。また、業種によって、さまざまな目的で、さまざまな手段として用いられている。小田切 (2006) によれば、食品では生産が 90 パーセント以上を占めているのに対し、医薬品では生産にも研究開発にもバイオが広く使われている。農業関連では 60 パーセント近くが研究開発への利用である。従って、ライフサイエンス産業の企業価値と知的資本との関係を見る際、業種による知的資本の違いをふまえることが必要であろう。

知的資本に用いる指標：特許について

特許数 (ストックあるいはフロー) は、知的資本の指標の代表的なものである。しかし単なる保有特許数のカウントは、知的資本の指標には好ましくない。なぜなら、全ての特許が等しい価値を持つとは限らないからである。企業は多数の特許を取得するが、活用することのないまま保有し、企業の成長機会に貢献しない特許も多数存在する。企業に成長機会をもたらす、将来収益に貢献するような重要な特許は、保有する特許のごく一部であると言われている。

このように特許は、その重要度 (特許の質) の違いが非常に大きいため、単なる特許数のカウントは知的資本の指標には適さない。先行研究では、特許の質を表す指標を用いることにより、知的資本を計測する工夫がなされている。特許の質を示す情報には、特許クレーム数、前方引用回数 (当該特許を引用した後方特許の数) 後方引用

回数（当該特許が引用した先行特許の数）、出願国数がある。

岡田・河原（2002）によれば、前方引用回数が最も特許の価値指標として重要であり、最も客観的に技術的な価値が反映されている指標である。前方引用回数は、後願特許における審査官による引用であり、当該特許の技術的価値、権利の範囲、あるいは特許化された技術の基本的・先行的性格を測る指標となりえる。引用を決める主体は、出願人や弁理士による検討や交渉を経るものの、究極的には特許当局の審査官である。したがって、審査官が当該特許の審査において引用すべき先行特許の選定基準は、慎重な検討を経た技術的客観性の高いものと見なすことができるからである。そして、引用回数が特許価値指標として有効であることは、多くの研究によって詳らかにされている。

一方、Lanjouw 等は、特許の質を表す 4 指標（特許クレーム数、前方引用回数、後方引用回数、出願国数）を用いて特許の質を表す複合指数を作成し、それにより特許のウエイト付けを行っている。Lanjouw 等の作成した指数から、産業によるウエイトの違いが読み取れる。医薬品特許では、前方引用回数のウエイトは約 48 パーセントを占めたが、医薬品以外の産業では、特許クレーム数が前方引用回数よりはるかに重要であり、50 パーセント以上のウエイトであった。医薬品、バイオテクノロジー、化学産業では究めて低いウエイトの出願国数は、コンピュータ産業では約 31 パーセントであり、重要な役割を担っていることも読み取れる。ライフサイエンス産業の知的資本の指標に特許を用いる場合、何でウエイト付けすべきか、あるいは Lanjouw 等のように複合指標でウエイトすべきか、検討する必要があるだろう。

特許の質を考慮する工夫は、Nesta 等も行っている。Nesta 等は、知識の融合の程度で特許をウエイト付することで、成長機会をもたらす重要な特許を一般特許と区別し、特許の質の違いを考慮した分析を行っている。分析結果から、バイオテクノロジー企業における知識の融合が、企業価値に貢献していることを読み取ることができた。部門別の推計では、バイオテクノロジー関連部門と医薬品部門で、知識の融合と企業価値との関係を見ることができた。一方、化学部門と農作物食品部門では、その回帰係数は正で有意ではなく、企業価値との関係を見出すことはできなかった。

知識の融合の程度は、特許で指定する技術クラスの重複度を用いて測定されることになるので、直感的には、バイオテクノロジー関連技術 30 クラスの中で、自社の基盤となるような技術クラスを構築することが重要になると解釈できる。基盤となる技術を構築することは、企業の競争優位に貢献し、成長機会をもたらすと期待されるので、企業が融合の程度が高い知識を保有することは、株式市場の評価につながる。

しかし、保有技術の融合性の程度は、その企業の多角化の程度にも依存するはずである。製薬やバイオテクノロジー企業のような、特定の技術分野に特化した研究開発型企業では、保有知識の融合の程度は高くなるはずである。一方、食料品や日用品から高性能素材までの幅広い製品分野を扱う化学、農作物食品部門では、技術の融合の程度は低くなるであろう。知識の融合の程度を表す i は、医薬品部門および DBFs と比べ、化学や農作物食品部門で小さい値をとることが図表 2.2.3.2 から確認できる。そして、化学および農作物食品部門では有形資産値 C が大きく、規模の大きいいわゆる総合化学企業、総合食品企業が含まれていると推測できる。農作物食品部門で、特許

ストック $\frac{K}{C}$ の回帰係数が正で有意であることから、部門によっては相互に関連する程度が高い特許を保有していることが、必ずしも成長機会をもたらすと期待されているわけではないことが読み取れる。このような理由から、特許の質の違いを知識の融合の程度で見する方法が、知的資本の測定に最適であるか検討すべきであろう。

Coombs 等の分析結果からも、特許引用回数、科学論文引用件数などのサイエンス・リンケージが知的資本の指標に適していることが示されている。バイオテクノロジー技術におけるライフサイエンスの貢献は大きく、企業の成長機会の創出を、市場が期待すると予想できるため、ライフサイエンス産業の分析では、知的資本の指標に科学論文引用件数を用いることも検討すべきであろう。

分析のフレーム

図表 2.2.3.1 に示したように、研究開発投資（知的資本）が将来の収益増加または費用削減に貢献すると期待されるときには、将来の純利益の増加を事前に評価して、株価はポジティブに反応する。このとき、決算によって確定された会計上の純利益の増加によって、過去に行った研究開発投資の成果が本年度に発現したことを確認することになる。このように、研究開発投資が企業価値に及ぼす影響を観察することにより、その投資の効果を分析するアプローチを採用する。分析結果から、知的資本と株価形成との関連性を検証し、株価にポジティブに織り込まれていることが確認できたとすれば、それは知的資本がもたらす成長機会の創出を、事前に期待していることを意味する。では事後的に知的資本は、後年度の純利益の増加に貢献しているのだろうか。収益への貢献度の持続期間の検証が求められることになる。

榊原等は、研究開発投資の企業収益への貢献度を測定した後、それがどのくらいの期間持続するのか調べている。分析結果から、営業利益が、研究開発投資によっておおむね 4 - 5 年の期間にわたり影響をうけることが確認されている。榊原等は、研究開発集約的な 4 業種（医薬品、電気機器、精密機器、化学）の研究開発ラグをそれぞれ測定しているが、それによると、ライフサイエンス産業に該当する、医薬品および化学ではラグは 5 年であった。このことから、研究開発投資の成長機会の創出といった市場の期待が、事後的にラグをもって収益への貢献という形で 5 年間持続することが検証されたのである。

ライフサイエンス産業（バイオ産業・医薬品産業）の分析においても、榊原等のように、知的資本の企業収益への貢献度に加え、その持続期間を検証する必要がある。

参考文献

Cockburn, Iain and Griliches, Zvi (1987) “ Industry Effect and Appropriability Measures in the Stock Market ’ s Valuation of R&D and Patents, ” Working Paper, #2465, National Bureau of Economic Research.

Cockburn, Iain and Griliches, Zvi (1988) " Industry Effects and Appropriability Measures in the Stock Market's Valuation of R&D and Patents, " *American Economic Review*, 78(2), 419–423.

Coombs, Joseph E. and Bierly, Paul E. (2006) " Measuring technological capability and performance, " *R&D Management* , 36,(4), 421–438.

Greenhalga, Christine and Rogers, Mark (2006) " The value of innovation: The interaction of competition, R&D and IP, " *Research Policy*, 35, 563–580.

Hall, Bronwyn H. and Trajtenberg, M. (2005) " Market value and patent citations, " *Rand Journal of Economics*, 36, 16–38.

Lanjouw, Jean O. and Schankerman, Mark (2004) " Patent Quality and Research Productivity : Measuring Innovation with Multiple Indicators, " *The Economic Journal*, 114, 441–465.

Lev, B. and T. Souginannis (1996) " The Capitalization, Amortization, and Value–Relevance of R&D, " *Journal of Accountings and Economics*, 22, 107–138.

McCutchen, W.W. and Swamidass, P.M. (1996) " Effects of R&D expenditures and funding strategies on the market value of biotech firms, " *Journal of Engineering and Technology Management*, 12, 287–299.

McGahan, Anita and Silverman, Brian S. (2006) " Profiting from technological innovation by others: The effect of competitor patenting on firm value, " *Research Policy*, 35, 1222–1242.

Nesta, Lionel and Saviotti, Pier Paolo (2006) " Firm knowledge and market value in biotechnology, " *Industrial and Corporate Change*, 15(4), 625–652.

Pavitt, Keith (1984) " Sectoral patterns of technical change, " *Research Policy*, 14, 343–373.

Teece, David J.; Rumelt, R.; Dosi G.; and Winter S. (1994) " Understanding corporate coherence: theory and evidence, " *Journal of Economic Behavior and Organization*, 22, 1–30.

Tidd, J., Bessant, J., and Pavitt, K. (2001) *Managing Innovation : Integrating Technological, Market and Organizational Change*. UK: Chichester, John Wiley.

岡田羊祐・河原朗博 (2002) 「日本の医薬品産業における研究開發生産性 - 規模の経済性・範囲の経済性・スピルオーバー効果」 医薬品産業政策研究所リサーチペーパーシリーズ, No.9.

小田切宏之 (2006) 『バイオテクノロジーの経済学 - 「越境するバイオ」のための制度と戦略』 東洋経済新報社 .

榊原茂樹・與三野禎倫・鄭義哲・古澄英男 (2004) 「企業の研究開発投資と株価形成」 『証券アナリストジャーナル』 2006.7 号, 48-59.

図表 2.2.3.2 : 部門別平均値 (1989–1997)

	バイオ テクノロジー (DBFs)	医薬品	化学	農作物食品	全企業
V	1145.6	14,400.0	7850.9	7552.9	9006.5
C	327.3	6647.4	10,200.0	7006.8	6046.7
$\frac{V}{C}$	3.240	2.061	0.800	1.105	1.912
π	21.8	900.3	698.0	633.4	620.0
r	59.5	485.5	417.4	143.4	324.2
$\frac{r}{C}$	0.237	0.079	0.037	0.028	0.097
K	45.013	79.601	92.218	86.637	75.601
i	8.079	3.015	1.156	- 0.783	3.185
企業数	22	33	17	12	84

V : 企業価値 (100 万 US \$)

C : 有形資産総額 (100 万 US \$)

π : 利潤 (100 万 US \$)

r : 研究開発投資額 (100 万 US \$)

K : 知的資本

i : 知識の融合の程度

(出所) Nesta and Saviotti (2006) 表 4 より筆者作成

図表 2.2.3.3 : 部門別推定結果

	バイオ テクノロジー	医薬品	化学	農作物食品
π	- 1.323 (0.434)***	0.952 (0.131)***	0.062 (0.105)	- 0.063 (0.392)
ρ	- 0.145 (0.135)	0.383 (0.078)***	0.645 (0.150)***	0.497 (0.283)*
$\frac{K}{C}$	- 0.329 (0.129)**	0.113 (0.045)***	0.076 (0.117)	0.356 (0.145)**
$\frac{K}{C} \times i$	0.088 (0.037)**	1.356 (0.632)**	0.417 (0.498)	1.702 (1.284)
定数項	16.955 (5.599)***	- 10.979 (1.816)***	1.363 (1.627)	3.448 (5.418)
企業数	22	33	17	12
R^2	0.392	0.419	0.383	0.443

分析対象期間は 1989 年から 1997 年

最小二乗ダミー変数モデルで推計。従属変数は q 値

＊、＊、＊はそれぞれ、10%、 5%、 1%で有意。

(出所) Nesta and Saviotti(2006) 表 5 より筆者作成

図表 2.2.3.4：全企業と業種別の推計結果

	自己資本 簿価	超過利益の 割引価値合計	研究開発 投資額	Adj R^2	企業数	研究開発集 約度(%)
全企業	1.580*** (19.535)	0.108*** (10.112)	2.100*** (4.113)	0.657	4173	1.828
医薬品	1.081*** (5.809)	0.202*** (4.093)	2.610*** (2.609)	0.420	240	6.665
電気機器	1.801*** (17.748)	0.265*** (8.120)	2.066** (2.447)	0.411	756	2.508
精密機器	1.570*** (2.874)	0.186*** (1.442)	7.304 (1.347)	0.201	50	2.308
化学	0.866*** (14.902)	0.138*** (6.873)	3.255*** (4.989)	0.490	711	2.120
輸送用製品	1.004*** (10.869)	0.120*** (3.697)	5.436*** (6.135)	0.462	376	1.300
非鉄金属	1.529*** (10.521)	0.148*** (3.050)	0.059 (0.023)	0.514	162	1.261
機械	1.115*** (15.821)	0.131*** (6.408)	4.293*** (3.636)	0.428	654	1.205
ガラス・ 土石製品	1.280*** (10.946)	0.206*** (4.193)	10.757*** (4.052)	0.636	166	1.019
繊維製品	0.709*** (5.912)	0.096* (1.789)	5.674** (2.438)	0.506	175	0.963
その他製品	0.536 (1.089)	0.227 (1.516)	0.901 (0.213)	0.115	141	0.919
食料品	0.761*** (6.914)	0.014 (0.604)	3.051 (1.439)	0.546	265	0.899
ゴム製品	0.682* (1.964)	0.042 (0.2777)	- 7.279 (- 0.779)	0.220	59	0.861
金属製品	0.803*** (7.606)	0.063 (1.211)	1.300 (0.629)	0.604	150	0.760
石油・ 石炭製品	0.768** (3.266)	0.225 (1.444)	- 3.315 (- 0.509)	0.750	23	0.530
鉄鋼	0.627*** (6.656)	0.041 (1.621)	- 0.025 (- 0.007)	0.541	176	0.432
パルプ・紙	1.197*** (9.774)	0.121 (1.095)	0.084 (0.014)	0.709	69	0.396

括弧内 t 値。*、 **、 ***はそれぞれ 1%、 5%、 10% 有意

(出所) 榊原・與三野・鄭・古澄(2006) 図表 5 より筆者作成

2.3 イノベーションのプロセスに即した科学技術やイノベーション指標の開発と接続

2.3.1 科学研究と技術の連関

【調麻佐志（東京農工大学 大学教育センター 助教授）】

【富澤宏之（科学技術政策研究所 科学技術基盤調査研究室 室長）】

【山下泰弘（山形大学 評価分析室 助教授）】

【玉田俊平太（関西学院大学 経営戦略研究科 助教授）】

（1）特許のサイエンス・リンケージの計測に関する背景と先行研究の概説

概説：技術と科学

科学が技術革新、ひいては経済成長の原動力となっているということは、科学者や経済学者の間では広く認識されており、それが、政府が学術研究(academic research)に対して支援を実施する主たる動機となっている。例えば、マンスフィールドは、もしも学術研究の貢献がなかったとすれば、新しい製品や製造方法の10%は、その登場が著しく遅れたであろうと推定している(Mansfield, 1991)。経済的価値をもたらす技術革新の源として、科学に注目が集まるにしたがい、科学が技術革新にどのように影響を及ぼしているのかに関する興味も増大してきている(Narin et al., 1997)。大学が、経済に及ぼす重要性についても、同様に注目が集まっている(OECD, 1990)。

近年、技術変化の指標として「特許」を分析の対象とし、特許中の科学の指標として学術論文等の「特許以外の引用文献(NPR: Non Patent Reference、以下単に引用論文とする)」を計測した指標、すなわち「特許1件あたりの引用論文数」が注目されている。「サイエンス・リンケージ」と呼ばれており、いくつかの留意点はあるものの、技術に科学が与えている影響を理解する指標として、有効であると考えられている。そのため、米国や欧州に出願された特許のサイエンス・リンケージを計測することによって、特許と科学の関係を解明しようとする先行研究が多数存在する。

米国特許における引用について

米国特許申請に際しては、技術の申請範囲（クレーム）を明確にするために、関連する文献を記載することが法律により出願人に対して義務づけられている。この義務を怠ったばあい、特許拒絶の理由となってしまう。欧州特許庁のマイケルによれば、この米国特許法制度によって、米国特許出願に際しては、特許拒絶を避けるため、その新技術を考案した本人ではなく、弁理士等の代理人が、その新技術考案の際に発明者が依拠したか否かを問わずに関連しそうな文献を出来る限り多く記載しようとする傾向がある。また、米国特許の審査官は、それを制限せず、申請書に記載された他の特許や論文等の文献を、そのまま特許の第一ページ（フロントページ）に載せてしまう傾向がある。さらに、米国においては、1990年代に入ってこの制度の適用が厳格化

し、それが引用文献の増加につながったと言われている(Michel et al., 2001)。つまり、米国特許のフロントページには、その技術が考案される際に、考案した本人の頭の中にあった以外の文献が混入している可能性があり、それは、公表された特許のフロントページからは判別できない。別の言い方をすれば、米国特許フロントページに引用されている論文データには、発明、すなわち技術進歩が発明者の頭の中に閃いたときに発明者の頭の中に存在していた論文等の知識以外のノイズが混入している可能性がある。

科学の指標としての論文

技術変化に対する科学の影響を研究するためには、被説明変数である技術変化と、説明変数である科学との両方を、何らかの方法で計測する必要がある。本稿においては、科学の計測指標として、科学のアウトプットである論文、及び、その類似物であり、より速報性を持つ学会発表紀要を用いることとし、これらを併せて「論文等」と呼ぶ。ただし、本研究中「論文」とは、定期刊行物に掲載された文章を指すこととする。書籍、技術公開は含まない。

より狭い論文の定義として、複数の審査員の査読を経て「論文」とのタイトルを付けられ、学術雑誌に掲載されたもののみに限定する立場もあろう。しかし、特許に引用されうる定期刊行物は、分野的にもその刊行される国も非常に広範囲にわたる可能性があり、その引用されている文章全てについて、論文と冠されているかどうか、その定期刊行物が査読付きであるかどうかを弁別することは極めて困難である。また、必ずしも査読付き論文のみが科学の成果とは言えない。論文とまでは呼べないまでも、科学者の経験や直感に基づくアイデアが、エッセーなどの形で掲載され、それが技術変化のきっかけとなる可能性もある。したがって、本稿においては、その文章が掲載されている形態が「論文」と冠されているか否かを問わず、また、掲載誌がいわゆる学術雑誌かそうでない一般的定期刊行物かを問わないこととする。

そもそも科学の指標として論文を活用しようとする手法、すなわち「サイエンスメトリクス」の起源は、1920 年以前に遡ることができる。例えば、1917 年に発表された「比較解剖学の歴史」についての研究は、比較解剖学という独特の科学分野を評価するために、参考文献とグラフの総数を分析したものであった。

1950 年代に入り、論文を含むさまざまな文献を扱う図書館関係者の日々の業務に必要なものとして、書誌情報データベースが開発された。これは、科学研究者の数が増大するにつれ、新しい研究成果を広める手段である学会誌などの専門誌(journal)の数が急激に増加し、膨大な数の文献を効率的に検索する手段が求められていたことに由来するものである。1955 年、ガーフィールドによって、科学技術文献用の引用インデックスが開発されたことで、サイエントメトリクスという研究分野のコンセプトが確立された。この引用インデックスは、フィラデルフィアに本拠をおく彼の会社、科学情報研究所(ISI: the Institute for Scientific Information)が構築したデータベースの基礎をなすものとなった。

1965 年、イエール大学の科学史家であったプライスは、専門誌の論文(journal

articles) を活用して科学知識の量的分析を行うためのさまざまな基本原則を体系づけた。その中には、用語の使い方 (words usage) や出版物 (publications) における統計的パターンも含まれていた (Price, 1965)。

1976 年、ナリンが、「科学研究活動の評価における出版物と引用の活用 (The Use of Publication and Citation Analysis in the Evaluation of Scientific Activity)」を発表した。これは、全米科学財団 (NSF: National Science Foundation) の助成金によって行われた「評価的ビブリオメトリクス (Evaluative Bibliometrics)」という研究プロジェクトの成果であった。そして、そのプロジェクトの中で書かれた論文が、「生物医学文献の構造 (Narin et al., 1976)」であった。この論文は、「ある論文が書かれた後、その論文が別の論文で何回引用されているかを分析することで科学出版物の重要性を標準化する」という方法論を示したものである。

このような流れの中、1989 年、カズンズは、サイエントメトリクス分析に使われる測定指標 (measurements) を、数量 (quantity)、テーマまたは研究領域 (topic or discipline)、科学的インパクト (scientific impact)、リンケージ (linkage) の 4 つのタイプに分類・整理した。

このように、科学活動を計測するサイエントメトリクスは、単なる論文数の計測から始まり、引用関係を利用することでリンケージを計測する手法が開発されてきた。本研究において、科学の計測指標として論文等を用いることは、こうしたサイエントメトリクスに関する先行研究を踏まえても、妥当性を持つと考えられる。

技術変化の指標としての特許

一方、技術変化については、特許が指標の一つとして使われている。例えば、アーチブギは特許を技術変化の評価指標として用いることの利点と欠点について検討した (Archibugi, 1992)。特許データの利点として、特許は創造的な活動、なかでもビジネス上のインパクトのある活動の結果の指標となる、特許を取ることは時間とコストがかかるため、特許の出願は、それがコストを上回る効用が期待されていることを示している可能性が高い、特許は技術分野毎に分類されているため、独創的な活動の比率だけでなく方向性も示している、特許統計は大量のデータを非常に長い期間に渡って提供する、などを挙げている。彼は、特許データには以下のような欠点があることも指摘している。すなわち、必ずしも全ての創造的活動が特許として公開されるわけではない (企業秘密など他の方法で守られてしまう)、特許制度上の制約から、必ずしも全ての創造的活動が特許として保護され得ない、技術分野や産業分類によって、特許性向、すなわち創造的活動の量に対する特許件数の比率が大きく異なる、他国への特許出願は、企業の出願先国における期待収益に依存する、それぞれの国の特許制度は国際条約の存在にもかかわらず差異があり、出願者にとっての魅力は、出願先の国の特許制度のコスト、保護の効果の強さと長さ等によって異なる、の 5 つである。そして、これらの利点及び欠点があることをふまえて、アーチブギは、特許には、一国あるいは国際比較のための技術変化の指標として多くの利用法があることを指摘した。

以上のように、特許データは技術変化の指標として有効な指標たり得る。そのため、技術変化の研究において幅広く用いられている。

特許の分析は企業競争力の分析にも極めて有用であり、技術の比類ない道路地図であると評価されている(Narin, 1993)。

ナリンは研究者の生産性の分布を特許出願数から分析し、研究者の特許生産性には一定の法則があること、また、研究所の発明者の最上位 1 %が同じ研究所の平均的発明者と比べて 5~10 倍生産性が高く、そして、上位 10%は同じく 3 - 4 倍生産性が高いことを明らかにし、人材のマネジメント、企業買収の際の留意点等に極めて有益なインプリケーションを与えている(Narin, 1995)。さらに、特許は、企業の戦略策定に幅広く応用されており、それは、競合相手の評価、自社技術のコア・コンピタンス分析、合併・買収の目標決定、技術的な精査などが含まれるとしている。

また、特許は、キーとなる技術と高い経済的成功可能性を持つ会社の識別にも広く応用されている。その例として、アメリカ、日本及びドイツの主要自動車会社 11 社をあげて、その技術的な位置を特徴づける研究がなされている(Narin, 1993)。アルバートらは、ある特許が他の特許に引用された回数と、その分野で見識を持った同僚の特許の技術的重要性に関する評価の間には、強い相関があることを見いだした(Albert et al., 1991)。すなわち、他の特許から多く引用されている特許ほど、同僚の評価も高いという相関関係が明らかとなったのである。

科学と技術変化の関係の指標としてのサイエンス・リンケージ

特許がその申請書中で引用している特許以外の文献(Non Patent Reference)は、「サイエンス・リンケージ」と呼ばれ、いくつかの先行研究が行われている。アンダーソンらは、特定分野に国家がプロジェクトとして介入する合理性を説明するため、遺伝子工学分野技術と他の技術分野との、科学とのリンケージの強さの違いをそれぞれの分野に属する特許の引用論文数から比較することを行っている。それによれば、遺伝子工学分野の技術が、基礎的な科学研究基盤と非常に強く連関(リンケージ)していることが示された。遺伝子工学分野の技術として「ヒトの分子細胞工学分野の特許」を、基礎的な科学研究基盤として「それらの特許がフロントページにおいて引用している論文等」を調査し、政府の研究助成機関の基礎研究に対する援助が、どのようにして知的財産権の確立へとつながり、経済的に重要な技術開発を導くのかということを示した。この研究では、1988 年から 1992 年までに認可されたヒト分子細胞工学分野の 1,105 件のアメリカ特許を抽出するためにオリジナルのプログラムを作成し、それら特許のフロントページに記載された引用文献を調査している。具体的には、引用文献を特許と論文等に分け、特許と論文の連関(リンク)を把握する新しい手法(プログラム及びデータベース)を開発した。その新手法は特許発明者の国籍、引用された論文の著者の所属機関、及び研究費に対する謝辞の調査を含むものである。この分析により、アンダーソンらは、「バイオ技術分野は、特許化された技術が最も強く科学と結びついた分野であることが明らかとなった。バイオ技術分野の特許は、論文の特許より 6 倍も多く先行技術として引用していた。先行技術として引用された論文は、

応用的なものではなく基礎的なものである。これは、技術変化に対して、好奇心に導かれた基礎的な研究が果たす役割についての新しい証拠を提供するものである」と主張している (Anderson et al., 1996)。

ナリンらは、アメリカ特許と科学研究論文との間の引用関係（リンク）が強まっていることを追跡することによって、科学への公的支援と産業技術の関連を検証するため、米国における公的研究機関の果たしている役割の増大を膨大なデータベース分析から実証している。そして、アメリカの企業特許が引用している論文の 73% は、公的研究からもたらされたものであり、その著者は大学、研究機関、その他の公的研究所に所属していることを明らかにした。また、各国の発明者は、期待されるより 2 倍から 4 倍も多く自国の論文を優先的に引用している。特に、特許化された技術がアメリカの論文に依存する割合は急速に増えているとしている。アメリカ特許がアメリカ人によって著された論文を引用する頻度は、最近の 6 年間に 3 倍になっている。具体的には、引用件数は、1987 - 1988 年の約 1 万 7 千件から、1993 ~ 1994 年には約 5 万件に増加した。ちなみに、この期間のアメリカ特許総数は、30% の増加にとどまっている。そして、引用されたアメリカの論文は、現代科学の主流であり、その特徴は、非常に基礎的事であること、有力雑誌に掲載されていること、そして著者は一流の大学や研究所の所属していることである。特に、最近では米国国立保健研究所（NIH）、アメリカ国立科学財団（NSF）、そしてその他の公的機関からの助成を受けたものが多いと述べている (Narin et al., 1997)。

（２）欧州委員会の文献レビューより⁸⁵

欧州委員会（European Commission）は、2002 年から 2003 年にかけて、「科学を技術に結びつける - 特許における書誌参照（“Linking Science to Technology - Bibliographic References in Patents”）」と題された 9 巻から成る報告書を公表した。この報告書は、題名が示すように科学と技術の関連について、特許における書誌参照（引用）を主題として総合的に研究したものである。この報告書の第 3 巻（Vol.3）は文献レビューに当てられており、特許統計や計量書誌学をはじめとする広範な内容の先行研究等をレビューしている。特に第 9 章では、報告書全体の主題である科学と技術の関係を扱っている。以下に、第 9 章のレビューの抄録を示す。

特許や科学文献は、関連知識の媒体という機能において、科学・技術活動の代理変数として役立つ。これらの文章に含まれる情報のおかげで、科学と技術の関係性をモデル化することが可能になるとともに、その相互関係の社会的ないし認知的様相を深く掘り下げることができる。明らかに、両分野間の引用は、この統合的分析のための

⁸⁵本章は、欧州委員会の報告書“Linking Science to Technology -Bibliographic References in Patents”の“Part III Chapter 9 - LINKING SCIENCE TO TECHNOLOGY”の関連部分の抄録である。報告書全文は、http://cordis.europa.eu/indicators/kul_report.htmより入手可能である。

媒介となる。とはいうものの、多くの些事に気をつけなければならいし、それを使う目的という観点からこれらの些事は適切に処理されなければならない。

9 章は、科学と技術の相互関係 (S&T interrelation) を直接的 / 明示的相互関係 (direct/explicit interrelation) と間接的 / 潜在的相互関係 (indirect/implicit interrelation) とに分けて論じており、以下関連する直接的 / 明示的相互関係の箇所について内容をまとめる。(なお、すべての下線は抄録者による。)

直接的 / 明示的相互関係

NPRs (Non patent references) は、学術誌論文、会議、著作、さらに工業標準などの多くの非科学的ソース、その他あらゆる印刷媒体への参照からなる (Perko & Narin, 1977)。特に、科学文献への参照は、技術的発明が何からの形で研究活動と関係するあるいは、それが起点となる / それに刺激を受けている ことの経験的な証拠を提供する (Tijssen, 2002)。

a . 学術的引用 vs. 特許内引用

学術的引用と特許引用の比較は、技術と科学における引用行動の違いに関連する洞察を提供し得るものであり、未だ議論の対象である特許引用の価値についても同様に洞察を与え得る。一見して、特許文章内の引用の役割は学術的引用と本質的に異なっている。特許文章の法的機能と特徴、特許取得の社会的機能などにこの違いは由来する。

特許審査官のタスクは、請求された発明のオリジナリティを保証し、かつその範囲を同定することにある。したがって、審査官の引用の狙いは、技術の現状を評価することによってその発明がオリジナルである範囲を同定することにある。特許審査官は、特許出願書類の請求項を参照する。だから、特定文章を引用する主要な動機の一つは審査官の責任に直接由来するのであり、学術的引用の動機と結びついている。すなわち、「他の仕事やアイデア、知的クレーム」、異議申し立て、従属関係を排除することである。

他にも科学共同体における 2 種の引用の動機が、特許審査官が科学文献 (や他の特許) を引用する際において役割を果たしているようである。すなわち、「背景知識の提供 (Grupp, 1988)」および「アイデアやコンセプトが議論されたオリジナルの出版物 (publication) を同定する」ことである。これ以外には 2 つ領域における引用の類似点は見出されていないようである。

b . 審査官による引用 vs. 発明者による引用

審査官による引用と発明者による引用は、各々異なる論理に由来している。審査官のタスクが請求された発明の新奇性を保証し、その限界を確定することであるのに対し、発明者の主たるタスクは、「新発明かその新発明の活用から著しく異なっているものの関連する業績、あるいはそれに向かって役に立つ一歩となる業績 (Collins & Wyatt, 1988, p.66)」を同定することである。結果として、審査官、発明者の双方が同じ出版

物を引用することは決して稀ではないもの、審査官の引用は発明者の引用の複製となるよりは、むしろ通常補完的なものとなっている (Collins & Wyatt, 1988; Tijssen, 2001; Meyer, 2000a)。

Schmoch (1993) の調査によると、審査官の引用の 8% が発明者に由来する。Tijssen ら (2000) によるとこのパーセンテージは 35% まで上がる。Tijssenn らは、すべてのケースのさらに 35% において、NPRs のほとんどを発明者がよるものである。引用の特徴に関しては、特許申請者がより学術誌を引用し易く、審査官は参考図書、予稿集、抄録誌を引用しがちである。

c . 審査官が NPRs を引用する動機

Grupp & Schmoch (1992a) による審査官が NPRs を行う 6 つの理由	科学の関わる程度
1. 科学・技術における先行する方法が未だ特許文書でカバーされていない。	中 / 高
2. 審査官が特許化できない研究成果 (公式、理論、...) を引用したい。当該審査官は特許文章が得られないため、他の文章を引用しなければならない。	高
3. 当該領域が非常に早く進歩しているため、公開までにかかる時間の関係で海外の特許庁からの特許文章にアクセスできない。仮に、発明者が同じテーマについて論文などを書いていた場合には、これらの文章を引用することができる。	中
4. 特許申請を行わずに競争相手に対して新規性の主張を守るために、ある企業が特許申請を行わずに開発の結果を企業ジャーナルに公開している。この文章が特許に関係あれば、引用される。	低
5. 日本語の文章を引用する必要がある場合、ほとんどの欧米の審査官はそれを理解することができないので、引用を英語の抄録サービスから NPR として行う。	無関係
6. 特許化可能な閾値を下回るような単純な関係 (例えばネジをどうしめるか) への引用が重要な場合、学校の教科書や百科事典などが引用される。	無関係

動機の 5 と 6 は科学の関与があまり重要ではないと判断できる。したがって、このような NPR については指標の作成に含めるべきではない。

科学-技術リンケージ指標

着目するリンケージの様相に応じて、科学-技術リンケージ指標は 2 つのタイプに区分できる。すなわち、リンケージの強さや規模を表すものとリンケージの性質を表すものである。

a . 科学 - 技術相互作用の強さや規模を表す指標

この第一のタイプの指標は、特定の特許セットの中に見られる NPR の単純集計に基づいている。特定の技術領域における科学の強度は対象となる特許に与えられた科学文献の参照数に反映されるという基本的な仮定の下で、その集計が科学と技術のリンケージの規模や強度と解釈できる。次のステップとして、様々な地域や国の間での科学 技術リンケージの規模を比較するために、特許一本あたりの平均 NPR (あるいは特に科学論文の平均引用数) を計算することができる。

Narin ら (1997) は、1985 年から 95 年までの米特許を分析し、あらゆる国で、またあらゆる技術領域で科学リンケージが一貫して上昇していることを観察した。

Tijssen & Buter (1998) は、技術革新に対するオランダ科学研究の重要性について研究する中で、NPR の平均に基づいて、オランダの科学は技術革新に用いられることが増えていると結論した。しかし、一特許あたりの NPR 数の分布は非常に歪んでいることが示されている。結果として、それなりに高い平均 NPR が、極めて高い極小数の特許によって達成されることが起こりえる。この問題を評価するために、Van Vianen ら (1990) は、分布の低頻度領域 (NPR が全くない特許) と高頻度領域 (多数の NPR がある特許) の情報を提供する 2 つの指数を導入した。

第一の指数は、低頻度領域に関するもので、科学文献の引用がゼロなものの比率である ($P(0)$)。第二の指数は、高頻度領域に関するもので、科学文献の引用が 5 以上のものの割合である ($P(5)$)。Grupp & Schmoch (1992b) はさらに洗練された指標を導入した。彼らの「平均 NPL 指標」ないし「NPLM 指標」もまた NPR の単純集計に基づいている。国 i の特定の技術領域 j の平均 NPL 指標は次のように計算される (Grupp & Schmoch, 1992b; Meyer-Krahmer, 2000):

$$NPLM_{ij}(t) = \frac{NPL(P_{ij}, t)}{P_{ij}(t)}$$

ただし、 $P_{ij}(t) =$ t 年における国 i の特定の技術領域 j の特許数

$NPL(P_{ij}, t) =$ t 年における国 i の特定の技術領域 j の特許による NPR 数

この NPLM 指標はある国の特定技術領域の特許における科学文献の平均を与える。この平均指標の短所は、Van Vianen ら (1990) によると、やはり非対称な分布にセンシティブなことである。

b . 科学・技術相互作用の性質を表す指標

第二のタイプの指標、科学・技術相互作用の性質を表す指標は、特許セットの NPR の単純集計に基づくのではなく、それら NPR の性格に基づくものである。

【科学領域と技術領域の相互作用のモデル化】

リンケージの性質はしばしば、特許において NPR で引用された科学分野という観点から分析される。例えば、Tijssen (2001) は、ある程度集計したレベルで、特許と引用されたオランダの論文の間のリンケージの性質を調査した。そこでは、論文は、ISI が定義した論文セット (subject categories) および DOST (Dutch Observatory of Science and Tehnology) が発行する Science and Technology Indicators Report で用いられる定義にしたがって分類されている。一方、引用する側の特許は、関連する米国ベースの SIC コードにしたがって 1 つ以上の製品領域に分類されている。

【他の科学 技術リンケージの様相に関する分析】

Van Vianen ら (1990)、McMillan ら (2000)、Schmoch ら (1993) は、科学 技術リンケージの性質を、(a)NPR の年代分布、(b)特許が引用するジャーナルの性質 (基礎 vs. 応用)、(c) 引用された研究が実施された機関、(d) 引用された論文を書いた国、に注目して分析している。

B.3. 科学 技術リンケージの分析および統計を巡る課題

科学 技術リンケージに関する分類の不明瞭さ

科学技術の連結を示すためには明確に区分された観察構造が要求される (Grupp & Schmoch, 1992a)。一般的に妥当とされる技術区分は得られないため、特許分析の領域において、構造化され、統一的で、国際的合意が得られている分類システム、すなわち IPC (International Patent Classification) が有ることは、重要な進展である。Grilliches (1990) は、IPC が特許体系の中で第一義的に技術的かつ機能的な原理に基づいており、適切に定義された産業の製品に関する経済学者の概念を反映することは稀であることを指摘している。

経済学的研究においては、IPC 分類をコンコードانس・スキームにしたがって経済学的関心の分類に結びつける試みはそれなりの数実施されている。しかし、IPC 分類は政策策定者の技術分野の概念に常に結び付けられているわけではない。それゆえに、IPC 分類をより広い技術領域に収束させる試みがいくつかなされている。

また、科学的内容をその本質的な性格に基づいて規定するにも、ある種の分類が必要である。De Bruin & Moed (1993) は、「科学のサブフィールドの適切な区分は計量文献学の鍵となる課題の一つである」とこの問題についてコメントしている。彼らによると、科学のサブフィールドを決める方法にはいくつかあり、共引用分析、共語分析、専門的インテックスサービスなどにより作られたインデックス体系の利用が最も重要である。

リンケージ統計の問題

1) データベースの欠点：統合化と標準化の必要性

NPR の利用と直接リンケージ手法において、均質でない NPR のフォーマットとデータそのものの不完全性は非常に重要な課題となっている。特許データベースは通常統計的な調査のためには整備されておらず、統計的な調査を行う際には、ダブルカウン

ト、不完全データ、スペルミスなどを考慮しなければならない。

2)NPR の歪んだ分布

Noma & Narin (1984) がバイオテクノロジー特許とバイオサイエンスの引用データの分析を行い、特許と論文の双方で非常に偏った文献引用の分布があることを示していた。他にも、多数の同様の結果を示す研究が行われている (Van Vianen ら 1990; Schmock ら, 1993; Schmock, 1993)。

3)データの複雑さ：複数著者

Narin ら (1997) は、リンケージ統計に使われるデータは極度に複雑であることを指摘している。第一に、集計の際のカウントにも多様な方法がありえる。科学文献は複数の特許によって引用されているかもしれない一方で、ある特許は多様な科学文献を引用していることもある。論文はしばしば複数の機関から参加した著者たちによって執筆されるし、特許も同様である。これらの要素の組み合わせは、カウントとデータの示し方に多様な複雑性を生じさせる。

(3) 特許・論文間の計量文献学に関する米国 CHI リサーチ社の取組

米国の CHI リサーチ社は、引用情報を含む特許データベース作成の先駆者的存在として知られている。同社は、米国の政府機関である NSF (National Science Foundation) の委託により、科学技術文献や特許に基づく分析を行っており、またそのためのデータベースを作成してきた。同社と科学技術政策研究所は、共同で米国における公的研究開発の評価手法に関するレビュー報告書を取りまとめた。本章では、その報告書作成の過程で整理した情報に基づき、特許・論文間の計量文献学に関する CHI リサーチ社の取組について概観する。

歴史的展望

CHI リサーチ社は 20 年以上にわたって米国特許による科学論文の引用を分析し、科学と技術とのあいだの連関 (linkage) 指標としてそれらの利用可能性を調査してきた (Carpenter et al., 1980)。特許における科学論文引用に関する最初の調査研究では、科学論文のために開発した計量文献学的分析の拡張が求められていた。そこでは科学研究と特許取得が密接に関連する 2 つの急成長分野、プロスタグランジン (ホルモン物質) とガスレーザーが調査された。当該調査研究の目的は、技術開発と研究とのあいだに密接な関連があるとみられている分野の特許が、科学論文を多く引用するという密接な関連を示すかどうかを発見することであった。その結果、これらの科学関連分野の特許が実際に相当量の科学論文を引用していることがわかった (Carpenter & Narin, 1978)。その後の研究において 19 人の優秀な研究開発マネージャーに 24 の技術を科学との依存関係で格付けするよう求めた。それらの格付けは論文の引用率とよく一致していた (Carpenter & Narin, 1983)。CHI はこの有望な手法を追究し、事例

研究から体系的なレベルの分析に移行するのに必要なデータベースを構築した。この結果、今日、特許による論文の引用は 1978 年当時より強力で広範な基盤を持つにいった。最も科学と密接な分野は生物工学で、この分野では特許が平均 20 点の科学論文を引用している。一方、とくに研究集約的ではないと見られている分野、例えば、産業機械、工具、または繊維およびアパレルなどでは、特許はそれほどたくさんの科学論文を引用していない。CHI は、この種の引用データは科学技術関連の定量的比較分析を可能にする上で非常に優れていると論じている (Narin & Olivastro, 1992)。

1997 年には Narin と同僚が、米国特許による米国論文の引用に関して影響力の大きい研究を公表した。その報告書は 1987 年 88 年と 1993 年 94 年に発行された 39 万 7,660 件の米国特許のとびら頁に掲載された 43 万 226 件の非特許参照 (NPR: non patent references) を分析した。43 万件の NPR のうち、約 24 万 2,000 件は科学的参照、すなわち科学雑誌論文、学会およびその他の科学出版物の引用と判断された。これら 24 万 2,000 件のうち約 17 万 5,000 件は科学引用索引 (Science Citation Index) に記載された論文の引用であった。SCI に採録されている論文と合致する参照はさらに、引用した特許の発行年に先立つ 11 年間に発表され、かつ米国人著者が記載してある論文だけを含むように絞られた。4 万 5,000 件の論文が残った。これらについて、著者が謝辞に記した研究資金の提供者をすべて図書館で調べた。

同調査研究は、科学に関連のあるすべての産業領域にわたり、会社の大小によらず、公共的な科学が米国産業を支援する上できわめて重要な役割を果たしており、かつ米国の技術進歩の基本的な柱になっていると結論づけた。さらにデータからは、ハイテクに貢献する科学は主流であることがわかった。つまり、それはとても基本的かつとても新しく、影響力の大きいジャーナルに公表され、主要な大学や研究所の著作であり、そして NSF、NIH および国防省、エネルギー省などの省並びにその他の公共機関、財団の支援を受けている、ということがわかった。

当該研究はニューヨークタイムスで報道された。関係者によると、それはホワイトハウスや議会での予算審議に大きな役割を果たした。最近ではオーストラリア政府のために、科学や技術における政府の意思決定に影響力をもつ調査研究が企画されている。

特許・論文間の計量文献学の長所と短所に関する研究

特許・論文間の計量文献学の威力は、結果 (output) よりむしろ成果 (outcome) を志向することから生ずるものである。研究の 1 つの成果はイノベーションの商業化に対する影響である。政府はこの種の影響に重点を置いているので、特許・論文間の計量文献学的分析に意味があることを実際に示すことが可能である。しかしながら、影響は時間の経過とともに非常に拡散し、見出しにくくなってしまいうので実証はむずかしい。したがってそれを明らかにするには経費がかかる。

米国の特許は論文を参照する頻度が次第に高くなっているため、研究と技術との関連の一部ははっきりとわかるようになった。特許は新発明とその後続く商業的用途の開発とのあいだの中間段階に位置付けられるので、これらの特許による科学的論文

の引用から、技術革新と基礎的科学研究とのあいだの定量的、客観的関連を得ることができる。この尺度はいくつかの用途に影響を及ぼしたが、その解釈は学界で議論にもなった。特許・論文間の計量文献学では、次の点を理解することが重要である。すなわち、1) 米国特許への引用の意味、2) 米国特許制度における情報開示の誘因、および3) 特許・論文間の参照増加に関する解釈、である。

計量文献学者が分析した科学論文の参照は、米国特許のとびら頁の「その他の参照引用事項 (Other references cited)」の部分に記載されている。これらの参照や先行特許の参照の掲載は、特許法により義務付けられている。特許法によれば、米国特許を取得するためには発明は次の3つの基準を満たさなければならない。すなわち、有益性、新規性、および当該技術に熟練した者にとって自明な技術でないこと、である。特許のとびら頁の参照は新規性の要件から生じたものである。よって特許出願者、弁理士、および審査官は当該特許が改善しようとしている技術に対して、自分たちの知る限りの重要な先行技術をこの参照欄 (references) で特定しなければならない。とびら頁の参照は特許審査官がこれを選択・選抜したものである。審査官は「入手できる一切の参照だけでなく、最良の参照を引用することが義務付けられている」(特許・商標局, 1995)。

関連指標を確信を持って使用するためには、そのベースになる特許・論文間参照がどのように作成されるのかを理解しなければならない。文書の新規性要件は上述の特許参照の一部を説明しているが、他の事情も参照の掲載行動を規定している。これらの要因の影響は、米国および欧州の特許を比較する場合にとくにはっきりしている。欧州の特許はそれほど科学論文を参照項目に掲載しておらず、参照の増加もそれほど起きていない (Narin and Olivastro, 1998)。特許に参照を付加するための手続きも欧米間では相当異なる。米国において、特許出願者は出願書類とともに先行技術の参照リストを提出するが、欧州では出願者にその義務はなく、先行技術の検索はすべて特許局の職員が行う。従って、米国特許のとびら頁参照リスト作成には技術的内容を完全に熟知している出願者の貢献があるが、欧州ではとびら頁参照リストは特許制度を専門とするような特許局職員が作成する。

米国では、これら手続上の相違は強力な誘因によって拡大する。米国の開示規則は出願者に知っているかぎりの先行技術の参照を開示するように義務付けており、そうしない場合は特許局に対する欺瞞と見なされ、特許不許可の根拠になることがある。欧州に比べ米国では特許訴訟のリスクが大きくなるため、参照の掲載がますます必要になってくる。審査官は参照文献を審査し、そして当該発明が文書に報告されている技術に比べて斬新であると決定したものと見なされる。したがって特許に参照されている文献は、裁判所にとって、「当該特許は発明が斬新でないため無効である」という証拠として利用するのが難しくなっている。

米国制度では先行技術開示という強力な誘因に促されて参照を特許に添付する手続きを経るため、特許・論文間の関係が明確になる。これをさらに追求すると、審査官や出願者は不適切な資料を山ほど参照(引用)してしまうようになるのではないかと考えてしまう。しかし、こうしたことは起きないようである。強力な誘因が働いたとしても、それは関連する先行技術の場合に限られるからである。不適切な先行技術への参

照を探して添付するために時間や資金を費やしても、法的保護を強めることにはならない。科学と技術のあいだの関係を特徴付けることを望む分析者は、米国特許制度が関連する非特許先行技術を文書化する強いインセンティブを与えていることには満足している。特許における「他の参照」に科学論文の参照を見つけることができるからである。

特許参照の記載をめぐる特許局の手続きと法的要件は、特許を取得した技術に関連する科学を示すものとして指標を解釈する上での正当な根拠を提供する。さらにこうした解釈を裏付けるのは、専門家も確認しているように、科学と関連の強い技術は科学を参考文献として記載することが多いというパターンの存在である。指標の解釈は参照を特許に添付する社会的過程の特定のモデルを基盤とするわけではないことに注意すべきである。例えば、参照記載行動のかなり機械的なモデルは次のようなものかもしれない。すなわち、発明家が論文を読み、発明に関する着想を得て、論文を参照する特許出願書を提出する、などというものである。このモデルがまったく妥当でないらしいことは、Meyer が行ったノルウェーとドイツにおける 10 件の特許の検証が示している (Meyer, 2000)。この他に機械的モデルが妥当でないことを示しているものとして、科学的参照記載に関する研究があげられる。こうしたやり方では、科学的参照記載の説明のために提案された類似の合理的メカニズムに対して経験的な裏付けを見出すことはできないだろう。参照記載の合理的モデルは、科学界では有望のように見えたとしても支持は受けられなかった。結局、著者が各自の論文に参照を添付することと、米国の特許申請書の場合とは対照的である。米国において、特許申請者は審査官にとびら頁に参照を記載してある旨提示するに過ぎない。

研究と技術のあいだの密接な関連が特許による論文の引用のパターンになって表れる社会的過程が、法的な制約を受けて多様かつ複雑になることは明らかである。科学集約的技術の場合、発明家は論文を書き、それによって引用対象の出版物を得るだけでなく、その特許に参照される論文を増やすような研究論文を熟知できるように見えるかもしれない。審査官は博士号の資格を持つほうがふさわしく見えるかもしれない。博士号は科学集約的特許の検証に必要な資格だからである。寄与要因をすべて引き出すには、特許構造の民族誌的研究が必要になるだろう。しかしながら、技術の科学集約度は当該技術の特許が科学論文を参照する率に反映されるとする解釈は、特定の社会的過程（合理的かどうかを問わず）の運用にもとづくものではない。

特許・論文間の引用指標の解釈は複雑である。複雑な社会的過程や特許局の規則が特許記述の根底にあるからである。特許・論文間の参照記載件数が増加している事実の解釈はさらに複雑である。社会的過程や特許局の規則が、科学と技術のあいだの変化よりむしろ指標に作用することがあり得るからである。

CHI は、1987 / 1988 年と 1993 / 1994 年とのあいだに特許による論文の参照が 3 倍になったことを見出した (Narin et al., 1997)。Narin はこれをイノベーションの新しいパラダイムの証拠だと解釈した。このような枠組（パラダイム）では新興技術は研究をイノベーションに直接転換することによって進歩するが、これはもっと伝統的なモデルと対照的である。伝統的モデルでは技術は主として先行技術の進歩にもとづいて構築され、そして研究への結びつきは間接的である。この顕著な結果は計量文献学

者やエコノミストにこう言わしめた。「イノベーションに変化が生じないのに、特許による論文の引用が増加したのは特許取得過程が変わったためかもしれない」と。これには 3 つの要因が挙げられた。開示規則の強化、特許訴訟件数の増加、およびデータベースへのアクセスが容易になったことである。

これらの仮定を検証するために CHI は参照記載件数が増加するパターンを調査した (Hicks et al., 2000)。上記の 3 つの要因は異なった技術にも異なったタイプの参照にも別々に影響することはないので、これらの仮定による予測では、増加率は参照のタイプ (米国特許、他国特許および科学ジャーナルの論文) や全技術のどれをとっても等しいだろう。増加率が技術のあいだで、または特許における参照と論文におけるものとのあいだで異なる場合は、上記のようなおおまかな説明は適切ではない。CHI により、科学論文を参照として掲載する件数の増加は、米国特許へのそれをはるかに上回っていることがわかった。これは開示規則の強化が科学論文の参照件数の増加のすべてを説明できるとは限らないことを示している。米国特許への参照記載件数の増加は科学論文の場合に比べて、それほど大きな技術による違いがないが、この意味は、大まかな要因ではなるほど米国特許への参照記載の増加を説明できるが、科学論文を参照として記載する件数の増加は説明できない、ということである。

論文データベースへのアクセスが容易になると、論文への参照の記載件数の増加を促すという考え方は別のレベルでも信じがたい。注目すべきは、出願者がそれぞれの分野の専門家と同様に各自の発明に関する論文を持っている場合は、データベースへのアクセスのしやすさが彼らにはそれほど重要ではないことである。米国特許審査官にとってデータベースへのアクセスのしやすさが 1980 年代から 1990 年代にかけて増加したとは考えられない。科学論文を探すダイアログのユーザーたちは 1972 年以来強力な検索が可能だった。しかしながら、ダイアログの使用法は複雑であったし、近年ではもっと簡単な検索方法が見つかって、そうした複雑な操作を学ぶ必要は少なくなった。しかし、このことは、非常に狭い「技術」を担当し、先行技術の発見に多くの時間を費やしている米国の特許審査官に、どういう関係があるのか？こうした状況で、文献の出所へのアクセスにダイアログを利用しなければならなかった者は非常に頻繁にそうする必要があるだろうし、またその方法の習得のために必要な時間を投資したとしても当然である。さらに、特許局は審査官に必要なだけの情報源を提供しようとしている。例えば、1995 年まで外国特許が重要な分野では外国特許を入手して米国流に分類し、審査官の利用に供していた。よって、データベースへのアクセスが容易になったという事実は、科学参照記載件数の増加を説明しているわけではないようである。

結局、特許から論文への参照記載を科学と技術の関係の指標として開発するために、ほぼ 20 年間研究が行われてきた (Narin, 1976; Carpenter & Narin, 1978 and 1983; Carpenter et al., 1980; Carpenter, 1983; ABRC, 1986; Collins & Wyatt, 1988; Narin & Olivastro, 1992 and 1998; Narin et al., 1997, 1998)。明らかにこれらの指標は多くの手段のうちの 1 つでしかない。とは言え、それらは特別な長所をもった貴重なツールであり、これにより技術、国家および時空間にわたって、科学・技術関係の定量的比較ができるのである。

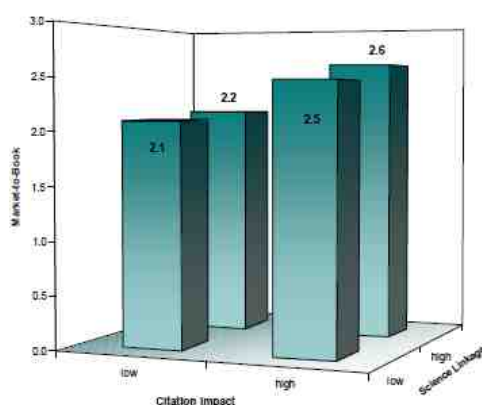
(4) 企業の技術評価指標における特許・論文間の計量文献学データの活用

米国 CHI リサーチ社は、前述のように、引用情報を含む特許データベース作成とその活用の先駆者である。同社は、他の多くの商用の特許データベース提供企業と同様に、米国特許商標庁の公開データに基づいて独自のデータベースを構築し、有償で提供している。そのなかで“Tech Line”というデータベースは、企業の財務データと特許データを含み、しかも両者を個別企業レベルで結びつけたデータベースである。本章では、この“Tech Line”のバックグラウンド・ペーパーより、特許・論文間の計量文献学データの企業の技術評価指標としての可能性に関する記述を引用・和訳して示す。

序説

本節では、特許ポートフォリオ分析に基づいて、企業の技術強度の Tech Line 指標が、企業の特許化された技術の質と価値についての有効な評価方法であることのエビデンスをレビューする。我々は、これを、科学及び特許引用分析、及び経済学における背景研究の吟味 (first reviewing) によって行う。これらすべての研究は、文献や特許のポートフォリオを評価した際に、引用分析が有意な質の尺度を提供することを指している。加えて、それらのポートフォリオにおける持ち株のインパクトの引用指標を含む特許ポートフォリオ分析が、あるケースにおいては企業の技術的、経済的、株式市場における成功の指標として、予測的なものであることについてのエビデンスが拡大しつつある。

図表 2.3.1.1 は、予備的な研究から得られたものであるが、科学とのリンクが強く、頻繁に引用される特許を持つ企業は、科学とのリンクや引用強度が小さい企業よりも、持続的に高い「時価・簿価比率」をもつことを示している。



図表 2.3.1.1 化学産業企業の特許被引用度とサイエンス・リンケージがポートフォリオ時価簿価比率とどのような関係にあるか

本節の主要なポイントは、科学及び技術的領域において、科学文献における研究論文への高い引用、及び技術文献における交付された特許への高い引用が、科学または

技術的発見の重要性と関連づけられるという、強いエビデンスがあるということである。この関連は、統計的なものなので、それはすべての高引用論文または高引用特許が重要であること保証するものではないし、あまり引用されていない論文や特許が重要でないことを保証するものでもない。それは、しかしながら、よく引用される高度に科学とリンクした特許をもつ企業が、そうでない企業よりも、技術的に成功する公算が高いことを議論するものである。

強い知的財産をもつだけならば、もちろん企業の成功は保証されず、多くの付加的な要因が、企業の質の高い特許から質の高い製品、または高い利益にまで結び付ける能力に影響する。IBM のトラブルの 10 年は、例えば、おそらくこれを説明している。なぜならば、IBM はつねに高い質で、高く引用される研究をその研究所に保有していたからである。

科学引用分析

大規模な引用分析の起源は、明らかに Dr. Eugene Garfield の仕事に帰する。彼は、1950 年代に初めて Science Citation Index を、科学者が先行科学研究を検索する力を拡大するツールとして、提案した (Garfield, 1955)。Garfield はまた、科学の評価において、所与の論文が持つインパクトをトレースできることが重要であることを指摘した。なぜならば、すべての科学業績はより初期の科学業績の上に成り立ち、科学者が包括的に自分の仕事のインパクトを理解できるようになるために、彼は自分の仕事の引用インパクトとそれを引用するすべての以後の論文の表を持つべきだからである。

1960 年代初頭に、Garfield は Science Citation Index を作成した。それは、その後、科学における主要なリソースにまで成長し、現在 4000 以上の科学ジャーナル、年間 50 万件以上の文献、そして年間 500 万回以上の引用をカバーしている。

Garfield と彼の同僚たちは、個別論文のインパクト測定における引用データの潜在的な有用性についてよく気づいており、評価における科学引用データの広い受容は、1972 年における NSF による Science Indicators レポートの初版作成と関連している。CHI リサーチ(その後の Computer Horizons, Inc)の Narin と彼の同僚たちは、Science Citation Index データを Science Indicators に利用し、国および国際的な科学パフォーマンス指標を作成した。彼らは、そのレポートの中で、論文数と、最も重要な物としてそれらの論文がどれだけ頻繁に引用されたかのカウントを、初めての国の科学パフォーマンスの主要指標の作成に利用した。

論文発表と引用技術の大規模な利用は、以後、1972 年以降 2 年に一度発行された Science Indicators レポートに引き継がれた。たとえば、Science and Engineering Indications 1998 レポートは、この種のビブリオメトリックデータに基づく多数の表とグラフを含んでいた。

一般的な Science Indicators 技術の開発の一環として、CHI は、NSF のコントラクトの下で、“Evaluative Bibliometrics” (Narin, 1976) というモノグラフを発表した。それは、引用分析技術の到達水準と、部分的にそれらの科学研究機関のパフォーマンス

ス評価への応用をレビューした。特に、5 章の "Evaluative Bibliometrics" では、24 の異なる妥当性研究(validation studies)が要約され、それらのすべてが、科学文献における高い引用が、科学論文の重要性に関する好意的な同僚の意見、同僚による科学研究機関のランキング、研究論文セットの質とインパクトについてのその他の独立指標と関連づけられること支持していた。

最も魅力的で、かつ非常に高い引用の重要性を説明しているのは、科学におけるノーベル賞受賞者のビブリオメトリックな特徴に関連して発表された一連の論文である。研究の質とノーベル賞を議論した初期の論文で、Inhaber は「物理におけるノーベル賞受賞者の仕事は、引用によって図られた場合、他の科学者の仕事よりもマグニチュードのオーダーで高い」と記述している (Inhaber and Prednowek, 1976, p34)。

Garfield 自身は、これについて広範囲に著述しており、ノーベル賞受賞者の論文が得た非常に高い引用について相対的に包括的な表を発表した。具体的には、彼は、科学、物理、生理学及び医学分野の 125 人のノーベル賞受賞者を対象として、80% が彼が「引用クラシック」と呼ぶものを発表していた。それは、1961～1982 年の SCI においてもっとも引用された 1,000 論文が、300 回以上引用され、大まかにいうと全科学論文のうちトップ 4/10000 に入る論文である (Garfield, 1986)。

引用分析の領域は、それらの技術を科学者グループ、研究部門、機関、そして国の評価に応用する安定した論文群によって、生気にあふれ続けた。この仕事は、特に欧州で、主要なビブリオメトリクス研究とすべての欧州諸国における教育プログラムを伴い、活発である。ハンガリーで編集されるジャーナル "Scientometrics" は、ほぼ完全にこの分野に献じられており、科学における引用分析の多くの応用において分析技術を最新の物にしたい者にとっての重要なリソースである。最終的に、1998 年 4 月に Dr. Ron Kostoff は、インターネット上に科学のさまざまなメトリクスに関する拡張的モノグラフを発表した。このモノグラフは HP で直接アクセスすることができる⁸⁶。Kostoff のモノグラフは、自己充足的かつ拡張的であり、5000 以上の初期の仕事を含んでいる。

初期の妥当性検証手法は、研究評価で用いられる研究の全領域をカバーしていた。それらは国、機関、研究グループ、個人のパフォーマンスの論文生産と引用の尺度と、外部のランキングの相関をカバーしていた。国のレベルでは、たとえば、Derek de Sol la Price による初期の政策分析は、大まかにいって、国がその GDP、すなわち経済規模であり人口や領土の大きさやその他ではない、に比例した数の研究論文の発表していることを示した (Price 1969)。かなり後になって、CHI は、それが技術においても当てはまること、そして米国特許システムにおける他国の発明者の特許は、一般的に、GDP で計測されるその国の経済規模に比例することを示した (Narin, 1991)。

機関レベルでは、引用技術は、大学の学部のランキングに拡張的に応用された。これは米国において、相対的に多数のシニア研究者が主要な大学学部をランキングした一連のレポートの中で系統的に行われた。1978 年に発表された論文と 1980 年のリプリントにおいて、CHI は、これらの同僚による大学ランキングが論文数ランキングと

⁸⁶ <http://www.dtic.mil/dtic/kostoff/index.html>

よく相関することだけでなく、引用データが含まれると相関が高まることを示した。それは、論文数とそれらが引用された数の組み合わせに基づく大学学部ランキングが、論文数のみに基づくランキングよりも、同僚によるランキングと非常に良く相関するということである。

特許引用分析の基礎

米国特許が交付される時、それは典型的に 8 から 9 の「米国特許への引用レファレンス」を、2 つの外国特許への引用レファレンスを、1 から 2 の特許以外の文献への引用レファレンスを、そのフロントページに含んでいる。これらのレファレンスは、交付された特許を初期の引用された先行技術にリンクし、交付された特許の請求項を限定する。それらは、どこに本質的で関連する既存技術があるかを指摘し、USPTO により決定されたものとして発明の所有権を叙述する。

米国特許に「引用されたレファレンス」は、特許法の基本的要求である。米国特許が交付される時、それは 3 つの一般的基準を満たさなければならない；便利なものであり、新規なものであり、見え透いたものではない。新規性要求は、特許のフロントページに掲載されるレファレンスに導く第一要因である。なぜならば、様々な引用レファレンスを通して、交付される特許がその上に進歩を加える、重要な先行技術のすべてを識別することが特許申請者と弁理士の責任であり、特許審査官の義務だからである。これらのレファレンスは、特許審査官により選択やスクリーニングされる。彼は、「有効なすべての文献を引用するためではなく、最良のもののみを引用するために呼ばれている」(Patent & Trademark Office, 1995)。

この参照パターンが逆転され、所与の特許への以後の引用が表にされたとき、特許引用分析の基本的情報、特に所与の特許が以後の特許にどれだけ引用されたかの情報、を得ることができる。これらの分布は、非常に歪む傾向がある：数回しか引用されない特許が多数、10 回以上引用される特許がごく少数存在する。例えば、1988 年に交付され、その後 7 年間に引用された特許については、半数の特許が 2 回以下、75% が 5 回以下、そしてわずか 1% が 24 回以上引用されている。全体的に、10 年以上後では、1 件当たりの被引用数はほぼ 6 回である。

科学引用分析の場合と同様に、もちろん、おそらく連邦裁判所の指定する「先駆的特許 (pioneering patent)」を除けば、特許の重要性を判定する公的な基準は存在しない。したがって、引用頻度と特許の重要性に関する研究のほとんどは、精通している科学者ないし技術者の意見に基づくか、特許以外の尺度との相関に基づいている。しかしながら、先駆的特許の場合、特許の重要性について直接の法的指標があり、すぐ後で示されるように、先駆的特許は平均で通常の特許の 6 倍以上引用される。

我々が知っている特許引用を重要特許探索の方法として用いた最初の研究は、IBM において Reisner によりなされた非常に初期の研究である (Reisner, 1963)。彼女は、重要特許の発見に引用分析の使用を試みた。ある特許から他の特許へのレファレンスを追跡することにより、Reisner は彼女が探していた 60 の特許のうち、43 を見いだした。すべての米国特許をカバーするコンピュータ化された引用データは、1975 年に初

めて利用可能になった。翌年、Sixth Technology Assessment and Forecast report において、米国特許庁は、最も多く引用された特許を表に表し、「特許文献が引用された回数は技術的な突出性の尺度となり得る」ことを示唆した(OTAF, 6th Report, 1976)。

1978年に、英国のEllis、HepburnとOppenheimは、特許から追跡して、重要な発見とターニングポイントを識別するために、引用ネットワークを試みた。

最初の比較的正式な特許引用分析の研究は、NSFの資金援助の元でCHI Researchにより実行された(Carpenter, Narin & Woolf, 1981)。その研究が提案された1970年代末の時点において、NSFのScience Indicators Unitは、特許引用に基づいて、その後Science Indicators reportで使われることになる科学文献インディケータのグループに、技術指標を付加することを検討していた。NSFは、CHIに重要な発見に関連づけられた特許が平均的な特許よりも多く引用されているか否かについての研究を委託した。

100件の重要特許セットと、102件の対照特許セットが選択された。重要特許のセットは、Industrial Research & Development誌により設定されたIR-100賞を得た製品の下地となった主要特許を識別することにより得た。この賞は「その年に開発された100の最も顕著な新技術製品、及びそれに責任を持つイノベータを表彰する」(Industrial Research & Development, 13, p.3, December 1980)。

特許が引用され得る十分な時間を確保するために、1969及び1970年の同賞に関連した特許が使用された。研究結果を下に示す。明らかに、IR-100特許は極めて相対的に多く引用されており、そしてこの差はIR-100セットに高引用特許があることに起因している。

図表 2.3.1.2 分析対象の重要特許と対照特許の概要

	IR-100	対照特許
総特許数	100	102
総引用数	494	208
一件当たり引用	4.94	2.04
10回以上引用された特許数	17	4

この研究に従って、特許引用指標がScience Indicators reportに追加され(それにより以後Science and Engineering Indicatorsと呼ばれる)、以後の年においてそれらの使用が拡大した。

Carpenterと彼の同僚によって1983年にCHIで実行されたもうひとつの正式な妥当性研究は、交付された米国特許からの引用が、特許化された技術の科学依存及び外国依存の測定に使われえるか否かをテストした。特許あたりの科学文献への引用、および外国起源の文献への引用数に基づくランキングは、同僚による特許の科学および外国依存のランキングと比較された。全体的に、高い度合いの一致が、科学及び外国依存に関して専門家の意見と、対応するビブリオメトリックランキングの間で見出された。たとえば、もっとも化学依存であると専門家に判断された8件の技術は、特許あたり0.92回科学雑誌論文を引用していたが、もっとも科学依存が小さい8分野はジャ

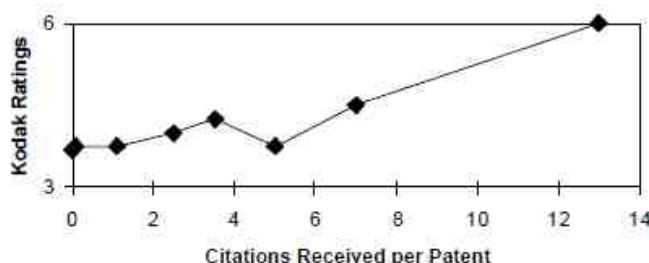
ーナル論文に対して 0.05 参照を含むのみであった。

もうひとつの引用妥当性研究は、Worcester Polytech Institute の学生たちと米国特許庁によって実施された。そのレポートのアブストラクトは、簡明にその内容を要約している。

「このレポートは、米国特許庁のために準備されたものであり、特許審査官によって頻繁に引用される特許の重要性を分析する。1975～80 年の期間に 419 件のもっとも多く引用される特許の商業的及び技術的卓越性に関する情報は、弁理士と特許審査官を対象としたサーベイを通して得られた。重要特許の特徴は、そのサーベイを通して決定された。結果は、高く引用される特許が重要であるという仮説を支持するものであることが決定された」(Worcester Polytech, 1988)。

産業コンテキストにおける特許引用の重要性のきわめて正式な妥当性研究は、CHI Research が Eastman Kodak Laboratories と協力して実施した。コダックは、自身といくつかの競合相手の技術の分析において特許引用を使用することの可能性に興味を持ち、産業研究所の中で、高い特許引用が博識な同僚による特許の重要性評価と関連しているか否かを、独立して確認することを求めた。この研究において、Silver Halide Technology の彼らの中核領域における 100 近いコダック特許のコレクションが 16 に分割され、それらのセットはシニア研究スタッフに評価のために与えられた。ここの特許は、3、4 人の異なる人々によって評価された。結果的に、特許のランキングはクロス集計された。コダックの評価者は、シニア知財スタッフ、シニア研究所マネージャー、及びシニア科学者であった。科学者の場合、ランキングのために彼らに与えられた特許は、自分の特許をランキングしないように、スクリーニングされた。各人は、発明の分野における最新技術をどれだけ変えたかに基づいて特許をランキングするように依頼された。

この研究の結果は、極めて明確に特許が 1、2、3 回引用されたか否かが同僚のランキングに大した違いを与えないが、5 回以上引用された特許、すなわち相対的に多く引用された特許は、コダックのスタッフによって高く評価されたことが、図表 2.3.1.3 に非常によく要約されている。この研究は、特に最も高く引用された特許のグループにおいて統計的に極めて有意であった。この研究において 15 人の回答者のうち、8 人がグループ 9 特許にもっとも高い平均得点を与えた。2 項分布モデルを使うと、この確率は 0.0002 である (Albert, Avery, Narin, & McAllister, 1991)。

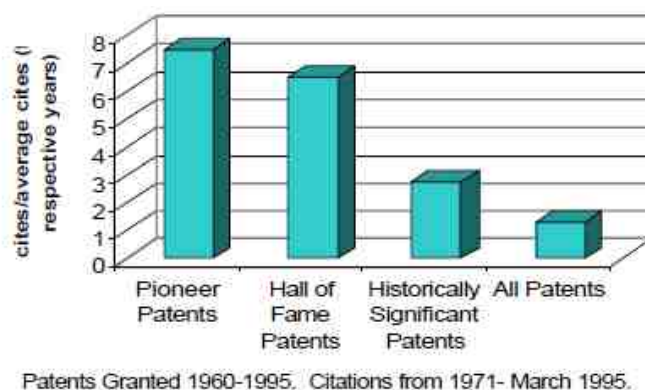


図表 2.3.1.3 平均得点对 8 特許グループの平均引用回数：
Kodak Highly Cited Patents ははるかに高く得点している。

高引用特許の重要についてのもっとも最近のエビデンスは、特許庁自身によるものであり、引用頻度と特許庁の認識の強い関連、そしてきわめて高い先駆的特許への引用である。

CHI は、3 つの異なる特許カテゴリーの引用頻度を調査してきた。すなわち、National Inventor 's Hall of Fame にリストされた特許、米国 200 年祭のために商務省によって準備されたリストに含まれる Historical Significance 特許、そして連邦地方裁判所に先駆的特許として指定された特許である。

このデータのサマリーは、図表 2.3.1.4 に示されている。そこでは、3 セットの特許 (Pioneering, Hall of Fame, Historically Significant) についての引用指数がプロットされている。特許は相対的に長期間にわたって分布するので、我々は、引用について 1971 年から 1995 年 3 月までの引用を我々のデータベースでカウントし、個々の特許が引用された回数を、同じ年に交付された特許の期待される引用数で除した。結果は印象的なものであった。先駆的特許は、期待引用数のほぼ 7 倍引用されている ; Hall of Fame 特許は期待引用数の 6 倍以上引用されている ; Historically Significant はほぼ期待引用数の 2.5 倍引用されている。そして、実際、対象とした全特許の中で、1 件だけが期待引用数よりも少なく引用されていた。これはおそらく、重要特許が平均よりもきわめてよく引用される傾向があるというアイデアについての非常に直接的な妥当性確認である。



図表 2.3.1.4 選択された特許について見出されたきわめて高い引用指数
(1965 ~ 1995 年に交付された特許、引用は 1971 年 ~ 1995 年 3 月 .)

Harvard の F. M. Scherer と欧州と CHI の同僚たちによる現在も発行中 (still in publication) のきわめて最近の論文は、有益性情報 (特許の私的価値) が得られた米国とドイツの特許化された発明サンプルを調査した (Harhoff, Narin, Scherer, & Vopel, 1999)。彼らは、18 年間の全期間に渡りドイツで効力を維持するための費用がすべて支払われた特許のみを考慮に入れ、その特許権者に資産価値について質問した。内容的には、1980 年において、当該特許を第 3 者に売るとしたら最低でいくらかである。ドイツの特許システムにおいて、最高の価値カテゴリーの 2 つの特許は、それ以外と比較してきわめて多く引用されていた ; 米国特許システムについては、2000

万ドル以上の価値が見積もられた特許の特許による引用頻度は、より低く見積もられた特許と比較して大幅に多く引用されていた。

経済及び政策分析

本節では、我々は、重要な技術有意性と経済アウトカムの間に正の関係があるというアイデアを支持するいくつかの一連の研究をレビューする。これは、いわゆるイノベーションの「リニアモデル」である。このアイデアは、発明とイノベーションは、基礎及び応用研究に端を発し、技術及び経済的利益に結びつくというものである。このシンプルなりニアモデルは、多くのフィードバックループをもつプロセスというより複雑な見方にとって代わられているが、このプロセスにおいても基礎研究における技術知識の発生は、中核に位置している (Turney, 1991)。

もちろん、研究が経済成長に重要な貢献をすることは、今日広く受容されていることでもあり、クリントン大統領は、アメリカの経済成長のための技術に関する演説で、「科学的優位性は、技術イノベーションの源泉である。その利益は、経済成長、より良いヘルスケア、及び多くのほかの領域で見ることができる」(Clinton & Gore, 1993)と述べている。

我々の最近の論文では、きわめて拡張的に、増加する米国の技術と公的科学のリンケージを議論し、サイエンス・リンケージとして Tech Line で使用されている特許から研究論文への内在する引用が、過去 10 年間で劇的に増加していることを実証した (Narin, Hamilton, & Olivastro, 1997)。

はるか 1960 年代末まで戻ると、研究と経済的に重要なイノベーションのリンケージをトレースする体系的な試みが進行中であった。主要な研究は、NSF の資金援助で IIT Research Institute で実行された TRACES 研究 (Technology in Retrospect and Critical Events in Science) である (Narin, 1969)。TRACES は、磁気フエライト、ビデオ、避妊ピルを含む 5 つの経済的に重要なイノベーションに注目し、その応用及び基礎研究における起源までトレースした。

TRACES に埋め込まれた主要な優位性は、準定量的アプローチにあった。部分的な理由としてはデータにアクセスできなかったために、引用分析は利用されなかったが、イノベーションを導いた主要なイベントを分類し、計数し、識別する試みがなされた。

1980 年代初頭までに、適度に大規模な特許データを入手することが可能になり、Griliches と Harvard の彼の同僚、そして全米経済研究所 (NBER) は、特許の経済的重要性に注目した長い一連の定量的研究を開始した。1981 年の論文で、Griliches は企業の市場価値と、過去の R&D 支出と特許数によって与えられるその「無形の」資本の間の有意な関係を見出した (Griliches, 1981)。

この流れで部分的に興味深い 1985 年の Ariel Pakes による論文「On Patents R&D and the Stock Market Rate of Return」では、予期されなかった特許が 865,000 ドルの企業価値の増加と関係していることが見出された。

1990 年に Griliches は、経済指標としての特許統計の使用を包括的にサーベイした (Griliches, 1990)。

これらの研究および最近までの多くの経済研究は、まったく統一されず、現在 Tech-Line で利用可能な程度までもリファインされていない企業識別 (corporate identification) に基づいており、また引用分析の加えた (知的な?) 拡大も伴って おらず非常に凝集的 (aggregate) である。

1987 年に Narin と彼の同僚たちは、18 の米国製薬会社の一群を研究し、彼らが得た 特許数と、特にその企業がよく引用される特許を所有しているか否かが、その企業の 同僚の意見と相関をもち、かつ製薬企業の売り上げと利益における増加とも相関を持 つことを明らかにした (Narin, Noma, & Perry, 1987)。この研究は、よく引用される 特許は SmithKline の Tagamet のように経済的に重要な発明に伴って生ずる傾向がある ことを、そしてその企業における重要な技術イベントは企業の売り上げと利益の増加 に結びつくことを、きわめて明確に示した。事実、1980 年代に多く引用された Tagamet 特許は、今でも SmithKline を支えている。

Trajtenberg によって、“A Penny for Your Quotes” (quotes は citation の意味で 使われるヨーロッパの用語である) という驚くべきタイトルを持って、同じ結果を得 た、いくらかことなるアプローチがなされた (Trajtenberg, 1990)。Trajtenberg は、 特許引用パターンを CAT スキャナの発展との関連で分析し、引用ベースの特許指数と CT スキャナについてのイノベーションの社会的価値についての独立尺度の密接な関係 を示した。その特別な意義は、「重み付けスキームは、引用の情報内容が周辺部 (margin) で発生することを示唆するような、引用数における非線形性 (増加) として表れる。」 (p172) という彼の発見にある。これは直接的によく引用される特許は、特に技術的 に重要なものであるというアイデアを支持する。

より広範な研究において、マサチューセッツ大学の Franko は、日本や欧州大陸の競 合者と比較して、米国と英国の 1960 ~ 1986 年のタイムフレームにおける大きな市場の 損失が、技術における投資の欠如による可能性を呈示した。特に、彼は言っている：

商業指向の R&D に配分される企業の売り上げ収入の比率は、おそらく、5 ~ 10 年 の期間における、競争に関連した以降の売り上げ増加パフォーマンスの本質的指標と同 様に増大する。過去 20 年間で多くの米国および英国企業がアジアや欧州の競争相手と 比較して大きな市場シェアを失ったことについては、顕著に寄与している要因は、戦 略的、競争的優位を決定する要因である技術への投資を怠ったことと言えよう (Franko, 1989)。

興味深い観察は、1990 年代半ばから末に掛けての、米国の優越した技術パフォー マンスは、米国で交付された特許の 50% にまで回復した米国特許における米国の発明者 のシェアの増加と関連しているということである。

Scientific American に美しく書かれた一般的な論文において、Stanford の Rosenberg と Birdzel は、知識と技術のリンケージと、産業がそれを吸収する自由は、 西側社会の経済成長の根底にある不可欠なドライビングフォースであると主張した。 特に、以下のように主張している。

「科学知識の成長と技術の発展の密接なリンクは、西側諸国の市場経済が空前の繁 栄を達成することを可能にした」 (Rosenberg & Birdzel, 1990)。

数年後、Business Week 誌は、10 業種を横断する主要企業をランクするために CHI

Research のデータを使って、2 つの特許スコアボードを出版した (Coy & Carey, 1993 および Buderl et al 1992)。これらの特許スコアボードは、それらのアイデアがビジネスコミュニティに直接的に導入され、分析者が企業のビジネスパフォーマンスとその技術強度が提示された最初の機会であった。

また、知的資本 (特許が中心的構成要素である) の価値についての認識も浸透しつつある。これは、Stewart による Fortune 誌の論文 “Your Company’s Most Valuable Asset: Intellectual Capital” に反映されている。この論文では、まさに現代企業は知識によって駆動されており、固定資産や構造によって駆動されている訳ではないと主張している (Stewart, 1994)。

NBER にゆかりがある経済学者たちは、現在、企業間及び大学間のスピルオーバーの研究、成功した企業の特徴の研究、一般的には、特許引用が統計的な意味で高インパクト技術と等価であるという考えの受容を実証するなど、幅広い方法で特許引用技術を使用している。Jaffe, Trajtenberg and Henderson (1993) による論文は、この文献にリンケージを提供している。

財務的な目的で、企業の無形資産を値踏みする方法を見つける試みが急速に広まっている。New York University の Stern School of Business の Baruch Lev 教授が主導する無形資産研究プロジェクトは、企業の投資と R&D、財務、ブランド開発などの無形資産の会計処理に取り組んでいる。特に、Lev 教授の研究は、買収する側の企業が「進行中」の研究開発資産の値打ちを設定し、その総量を控除することで、買収者の将来の税負担等を減じる会計ルールを提示している (Deng & Lev, 1998)。

現在進行中の仕事において、NBER の Bronwyn Hall と彼女の同僚たちは、NBER によって研究目的で構築された新データベースを使って、市場価値と特許引用を調査した。彼らの研究は、準備段階のものではあるが、その数学的技術において極めて高度なものであり、どれだけ特許への引用が企業の市場価値のような指標に貢献したかを評価している。多くの彼らの発見の中には、「引用で重み付けされた特許は、特に引用指数がより完備されている早い年について、より良い」及び「特許当たりの引用が 1 増加することは、3 ないし 4% の企業レベルでの市場価値の増加と関連している」などがある (Hall, Jaffe, and Trajtenberg, 1998)。

最後に、CHI に支援された Lev 教授と彼の学生 Zhen Deng による適切で重要な予備研究は、Tech-Line の変数と、R&D 予算および株式市場パフォーマンスを含むさまざまな財務指標の関係を調査したものである (Deng, Lev, & Narin, 1999)。特に、彼らは、株が平均 current impact index (CII) およびサイエンスリンケージ (SL) を上回っている企業は、有意に高い時価簿価比率と株式利益を、同時におよび何年も将来に亘って、持つ傾向があることを発見した。この発見は、特許と特許引用にも基づいた企業の技術パフォーマンスの指標が、突出した新ツールをセキュリティ及び財務分析者に対し提供することのエビデンスの主要部分の一部である。

(5) 有力特許に引用された科学論文の計量文献学的分析

科学研究とイノベーションの関係の分析のために、特許における科学論文の

引用頻度を指標化したサイエンス・リンケージ指標が貴重なツールとして用いられてきたが、この指標は引用された科学論文の多様な情報を全く反映していない。そこで、富澤らは、有力特許に引用された科学論文のリストを作成し、それを Science Citation Index (SCI) データベースと照合させて書誌情報を取得し、その特性の分析を試みた。以下に、その研究結果の概要を示す。

背景と先行研究

a . 特許における引用情報とその活用

本研究で用いたデータは、「特許における引用」が情報源である。具体的には、第一に、特許の申請書や明細書のなかで先行特許や文献の引用が行われる。これは特許の出願者による引用であるが、その目的は他の先行特許との差異を主張し、あるいは先行特許や科学技術文献との関連性を示し、そのことにより特許権を主張することである。第二に、米国では、特許審査の結果に関するレポートが審査官によって作成されており、そのレポートにおいても先行特許や科学技術文献が引用されている。審査官による引用は、審査対象の発明が特許の要件を満たすかどうかを明確にすることが目的である。

このような特許の引用を索引化して活用しようというアイデアは古くからあるが、引用情報を含む特許データベースが普及してきたのは、比較的最近のことである。先駆的なものとしては、米国の CHI Research 社（以下、CHI と略記）のデータベースが知られている。また、最近では、Derwent World Patents Index (DWPI) のように、より一般的な特許データベースでも引用データが収録されることが多くなっており、経済学の分析データをはじめとして広く用いられるようになってきた。本研究では、単に特許の引用データを用いるのではなく科学論文の引用データを用いる必要があるため、この面で優位性のある CHI のデータを用いた。

b . 先行研究とサイエンス・リンケージ指標

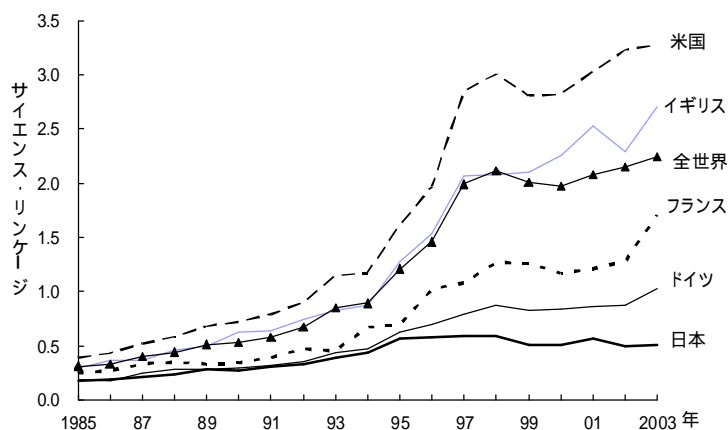
特許における科学論文引用のデータを用いた先駆的研究として、よく知られているのは、Narin 等による一連の分析である。Narin は、前述の CHI リサーチ社の創設者であり、米国の政府機関である NSF (National Science Foundation, 全米科学財団) の委託により、科学技術文献や特許に基づく分析を実施してきた。Narin らの研究は、単なる事例研究ではなく、米国特許の網羅的データを使用した大規模な分析であり、政策的な示唆をもたらしたため、広く知られることとなった。特に、このような研究を通じて、特許と科学論文の関係の強さを端的に示す「サイエンス・リンケージ」が提案され、広く用いられるようになった。

サイエンス・リンケージ (Science Linkage) とは、米国特許の審査報告書における特許 1 件当たりの科学論文の引用回数である。特許における科学論文の引用が、技術（特許）とそれが依拠する科学とを関係付けるものと考えられることから、その強度であるサイエンス・リンケージは、科学との関係性の強さを示すと解釈できる。また、特許の出願者による引用ではなく審査官による引用であるため、比較的客観性が高いとされる。

このサイエンス・リンケージ指標は、最近、世界的にも用いられることが多くなっており、特に、欧州委員会の調査プロジェクトのレポートは 9 巻から成る広範なもので、注目に値する。わが国でも「科学技術白書」等において、科学技術の基本的データのひとつとして取り上げられている。そのようなデータの例として、図表 2.3.1.5 に、米国特許の特許出願者国籍別のサイエンス・リンケージの値の推移を示した。全体としてサイエンス・リンケージの値は増加する傾向にあり、特許と科学論文の関係が強まっていることを反映していると考えられる。国別に見ると、米国の値が最も高く、しかも、その増加は著しい。一方、日本の値は、図に示した 5 か国中最も低く、しかも 1990 年代後半に他の国との差が開いている。

このように興味深い指標であるが、この指標は、特許の一属性として科学への関連性の強さを示しているに過ぎず、特許の源泉となった科学論文の多様な情報を全く反映していないことが限界であるといえる。

図表 2.3.1.5 主要国のサイエンス・リンケージの推移



出典：科学技術政策研究所、「平成 16 年版科学技術指標 - データ集 -2005 年改訂版」(調査研究資料 No.117)

方法論

本研究では、CHI が作成した米国登録特許のデータベースを基本的なデータとして用いた。米国特許を対象とした理由は、特許における引用についての信頼できる情報が入手できるためであるが、国際比較がある程度可能なことも採用の理由である。もちろん、米国特許を対象としているため、米国に偏ったデータであることは避けがたいが、日本の特許発明のうち重要なものは米国で特許化されており、本研究の目的には適っている。

このデータから、有力特許として、1996 年～2000 年に登録された特許の被引用度上位 500 件を選んだ。これは、同期間の米国登録特許数の上位 0.07% に相当し、精選された特許であるといえることができる。以下では、この 500 件の特許を「有力特許トップ 500」と呼ぶ。

次に、その 500 件の特許のフロントページにおいて関連文献として引用された論文

等のリストを作成し、それを科学論文のデータベースである SCI (Science Citation Index) と照合させて書誌情報を取得し、引用された科学論文と引用元の特許の両方の情報を含むデータセットを作成した。

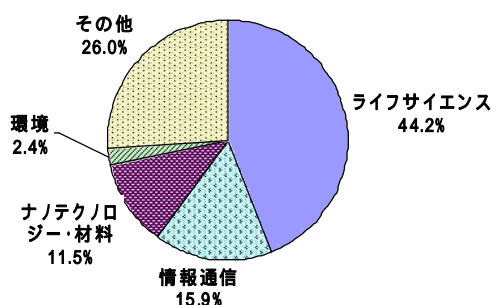
本研究では、同様のデータセットを日本人発明特許についても作成して比較対象とした。すなわち、米国登録特許のうち、日本人が発明した特許の被引用度上位 500 件に引用された科学論文のデータセットを作成した。このデータの分析結果は後述するが、特許としての価値や引用された科学論文の網羅性という点で「有力特許トップ 500」と同列に比較できるデータではないため、補足的なデータとして使用するにとどめた。

分析結果

a . 有力特許の特性

引用された科学論文の分析に先立ち、引用元である有力特許の属性について概観する。有力特許トップ 500 の分野別の内訳を見ると、ライフサイエンスが 4 割以上を占めており、情報通信とナノテクノロジー・材料が続いている (図表 2.3.1.6)。

図表 2.3.1.6 有力特許トップ 500 の分野別の内訳



注：複数の分野に分類される特許は均等に案分して計上した。

なお、特許には IPC (国際特許分類) が付与されているが、科学技術政策の検討に適していないため、ここでは IPC 分類を科学技術基本計画の重点分野 (4 分野) に対応させた分類を用いた。2 つの分野分類は全く異なる考え方で作られているため、この対応関係は厳密なものではなく、ある程度の恣意性がある。なお、被引用度は IPC メインクラス (120 分野) ごとの平均的な引用回数の違いを基準化して被引用度の高い特許を選んでいるため、図表 2.3.1.5 に示した分野構成は、トップ 500 の選び方による偏りは最小限に抑えられており、米国登録特許全体の分野構成を反映している。

次に、有力特許トップ 500 の発明者の国籍別内訳を調べた。米国特許を対象としたデータであることを反映して米国人発明特許が 82.6%と大部分を占めているが、日本人発明特許が 5.1%で、米国人以外では最も高い割合となっている。

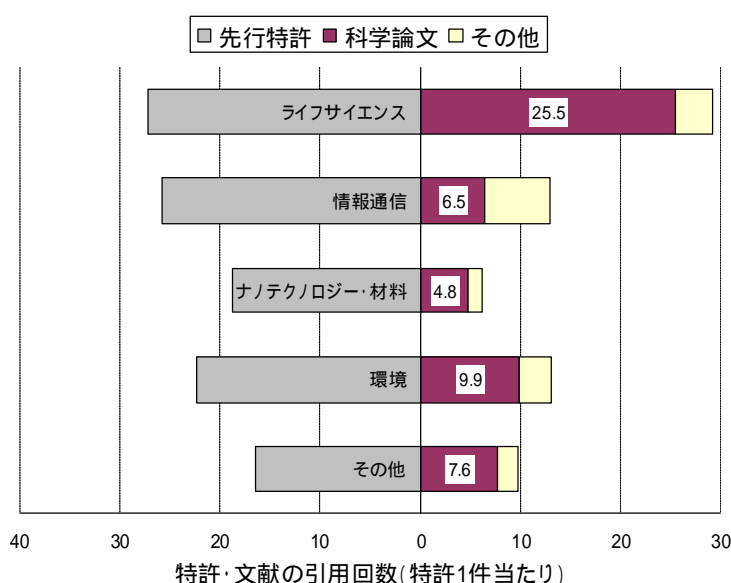
b . 有力特許における引用の状況

米国特許において引用される資料は、(1)先行特許、(2)科学論文、(3)その他の資料 (新聞記事、解説記事など) の 3 種類に分類できる。有力特許トップ 500 においては、

(1)の引用が 12,938 回、(2)が 8,096 回、(3)が 1,949 回となっている。

このような引用の状況を分野間で比較すると（図表 2.3.1.7）、先行特許の引用回数（特許 1 件当たり 10 数回から 20 数回）の分野による違いは比較的少ないが、科学論文の引用に関しては、ライフサイエンス特許で 25.5 回、ナノテクノロジー・材料特許では 4.8 回であり分野による違いが大きい。なお、このような特許 1 件当たりの科学論文引用回数が「サイエンス・リンケージ」であるが、有力特許トップ 500 全体のサイエンス・リンケージは 16.2 であり、米国特許全体の値（1996 - 2000 年の平均が 2.7）に比較して、はるかに大きい。

図表 2.3.1.7 有力特許トップ 500 に引用された特許・科学論文等



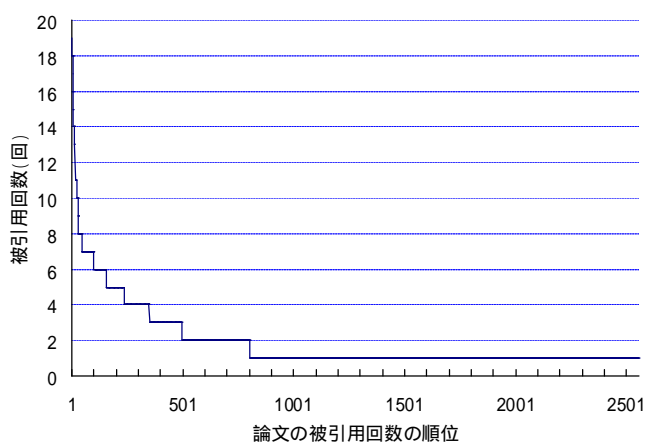
c . 引用された科学論文の基本的統計

これより以降は、「有力特許に引用された科学論文」に焦点を絞って分析結果を述べる。有力特許トップ 500 において、科学論文は延べ 8096 回引用されているが、同一の論文が複数回引用されている場合もあり、実際の論文数は 3000 ~ 3500 編程度である⁸⁷。そのうち SCI 収録論文であることが確認でき、詳細な書誌情報を付与することのできた論文 2453 編を分析対象とした。

この 2453 編の科学論文が有力特許に引用された回数の分布を調べたところ、被引用回数の最大値は 19 回（1 編）であり、15 回以上の論文が 10 編、10 回以上の論文は 27 編であった（図表 2.3.1.8）。一方、1 回のみ引用された論文は全体の 69.2%を占め、2 回引用された論文と合わせると全体の 80.0%を占めている。

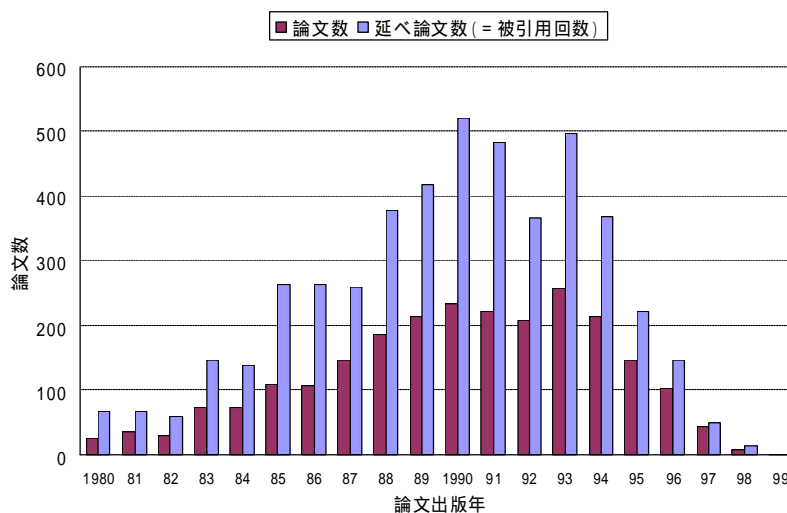
⁸⁷ 特許における科学論文の引用は、書誌情報が不完全であることも多いため、重複を排除した科学論文数の正確な集計は困難である。

図表 2.3.1.8 有力特許トップ 500 に引用された科学論文の被引用回数の分布



図表 2.3.1.9 には、分析対象の科学論文の出版年別内訳を示した。1980 年代後半から 1990 年代前半にかけて出版された論文が多く、1985 - 1994 年に出版された論文（1905 編）は全体の 77.7%を占めている。論文出版年の最頻値は 1993 年（257 編）、平均値は 1990 年である。なお、引用元の有力特許トップ 500 は 1996 - 2000 年に登録された特許であるので、科学論文の出版年と、それを引用する特許の登録年のタイムラグは概ね 7～8 年、あるいはそれ以上であると考えられる。

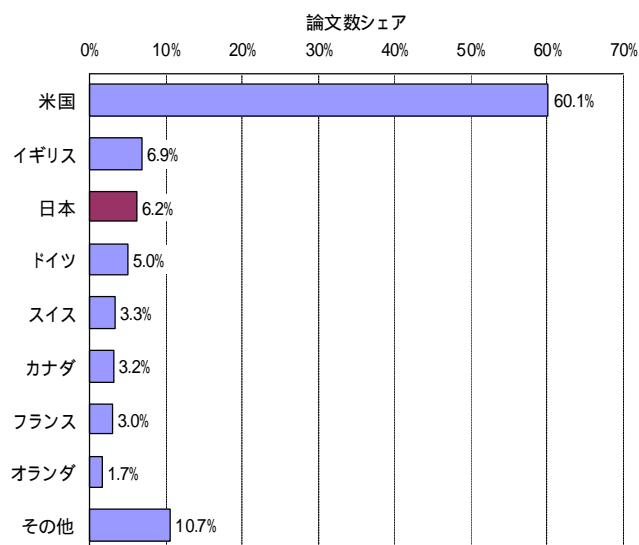
図表 2.3.1.9 有力特許トップ 500 に引用された科学論文：
出版年別内訳



d . 引用された科学論文の国別・セクター別内訳

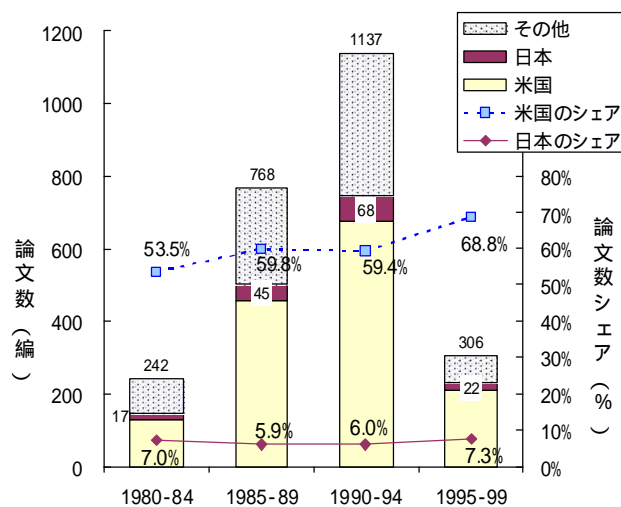
次に、有力特許に引用された科学論文の国別内訳を分析する。図表 2.3.1.10 は、世界特許トップ 500 に引用された 2453 編の科学論文の国別論文数シェアを示す。米国の論文が 60.1%を占め、イギリスが 6.9%、日本が 6.2%と続いている。この日本のシェアの集計が本研究の主要な目的であり、以下では、このデータの解釈を深めるための分析を行なう。

図表 2.3.1.10 有力特許トップ 500 に引用された科学論文：国別論文数シェア



さて、図表 2.3.1.10 に示した科学論文の国別内訳は、経年的にどのように変化したのだろうか。この点に関しては、図表 2.3.1.11 に、分析対象とした 20 年間を 4 期間に区切り、引用された科学論文の数（棒グラフ）を示すとともに、日本と米国のシェア（折れ線）を示した。日本のシェアは、20 年間に大きく変化したわけではないが、1980 年代前半に 7.0%であったシェアが、80 年代後半から 90 年代前半においては若干低くなっており、1990 年代後半にシェアは持ち直している。一方、米国のシェアはほぼ一貫して増加傾向にある。

図表 2.3.1.11 有力特許トップ 500 に引用された科学論文：日本と米国の論文数・シェアの変化



次に、有力特許と引用された科学論文の関係について、国際間の引用の流れという観点から分析する。図表 2.3.1.12 は、表側に有力特許トップ 500 の発明者の国籍、表頭に科学論文の著者の所属国を示しており、どの国の発明者の特許がどの国の論文を引用しているのかを見ることができる。

図表 2.3.1.12 より、各国の科学論文とも被引用回数の大部分が米国人発明特許からの引用であることがわかる。日本の論文の被引用回数 301 回のうち、米国人発明特許による引用が 274 回を占めているが、日本人発明特許による引用回数は 2 回に過ぎない。

図表 2.3.1.12 特許から科学論文への国際間引用の流れ

		引用された科学論文の著者の所属国						合計
		米国	イギリス	日本	ドイツ	スイス	その他	
特許の発明者の国籍	米国	2568	301	271	201	161	728	4230
	イギリス	55	10	11	10	0	10	96
	日本	8	0	2	3	0	6	19
	ドイツ	5	1	1	1	3	4	15
	スイス	58	3	0	5	3	14	84
	その他	166	21	16	7	7	72	289
	合計	2861	336	301	227	174	834	4733

注：表中の数値は有力特許トップ 500 による科学論文の引用回数。

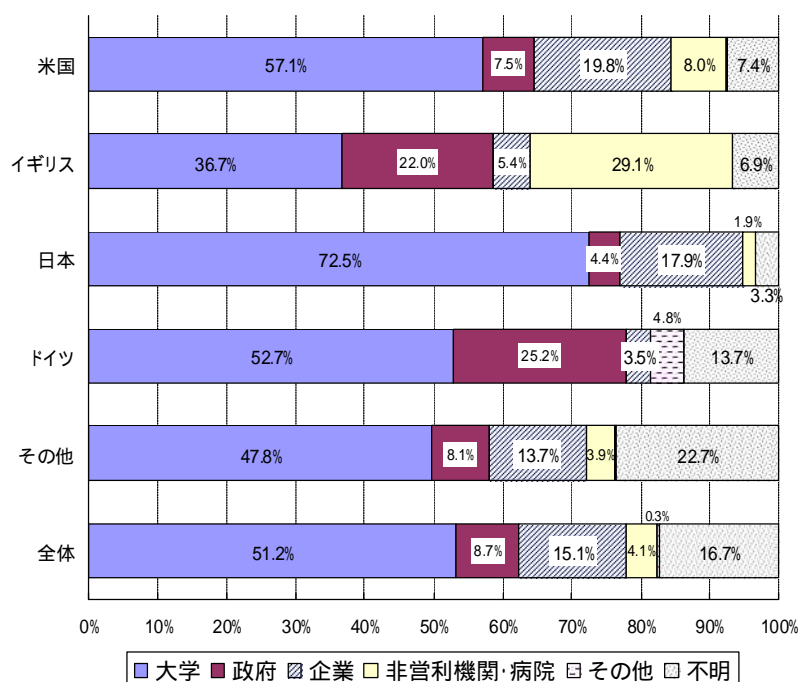
この図表 2.3.1.12 の分析を踏まえて、先に図表 2.3.1.9 に示した日本のシェアの 6.2%という値を評価してみよう。有力特許トップ 500 に引用された論文の多くは 1980 年代後半から 1990 年代前半に出版されているが、その時期の SCI 収録論文に占める日本の論文の割合は 7.6%である⁸⁸。これと比較すると 6.2%という値は若干少ないことは確かである。しかし、図表 2.3.1.12 から分かるように、科学論文の大部分が米国人発明特許に引用されたものであり、米国の論文数シェアが大きくなる傾向がある。そのような状況においても 6.2%のシェアを占めているので、「日本の論文は発表した論文の数に見合った程度に引用されている」と言うことはできよう。

次に、特許発明の源泉となったこれらの科学論文が、ナショナル・イノベーション・システムのどのセクターで生産されたのかを調べた。図表 2.3.1.13 に、著者の所属機関のセクター別の被引用回数を示したが、世界各国の組織・機関を完全に分類することは不可能であるため、「不明」のデータがある。

いずれの国においても大学の割合が最も大きく、世界全体で見ると 5 割以上を占めている。大学は科学論文全般の生産において中心的存在であるが、特許発明に引用された論文の生産でも主要な役割を果たしていることがわかる。世界全体については、大学に続いて企業、政府研究機関の順に大きい割合となっている。

⁸⁸ SCI (CD-ROM 版) に 1985 - 1994 年に収録された論文のうち、著者の所属機関が日本に所在する論文の占める割合である。国際共著論文については案分して計上した (分数カウント)。

図表 2.3.1.13 特許トップ 500 に引用された科学論文:国別・セクター別の被引用回数



日本については、他の国と比較して大学の割合が特に高く、また政府研究機関の割合が小さいことが特徴である。国によって研究開発システムが異なるので単純に比較できないが、日本の政府研究機関は特許発明の源泉となる研究成果を十分に生み出していなかったのではないかという疑問を生じさせる結果である。

さらに、分野別および主要国別の被引用回数を調べた（図表 2.3.1.14）。日本の論文は、ライフサイエンスにおけるシェアが相対的に低いですが、ナノテクノロジー・材料分野および情報通信分野に関しては世界の発明者から米国の論文に次いで参照されていることがわかる。

図表 2.3.1.14 有力特許トップ 500 に引用された科学論文：
各分野における被引用回数の国別シェア

国	全分野	ライフサイエンス	ナノテクノロジー・材料	情報通信
米国	60.4%	62.5%	55.2%	55.6%
イギリス	7.1%	8.1%	1.3%	0.6%
日本	6.4%	5.4%	13.5%	12.4%
ドイツ	4.8%	4.7%	3.1%	4.1%
フランス	2.3%	2.5%	2.3%	1.1%
その他	19.0%	16.9%	24.6%	26.2%
全体 (回数)	100% (4733)	100% (3852)	100% (130)	100% (89)

e . 日本人発明特許トップ 500 の分析

前節までの分析は、1996 年～2000 年に登録された米国特許全体のうち最も頻繁に引用された 500 件のデータを用いたが、日本の特許について、このような分析は可能だろうか。日本で登録された特許（JP0 特許）については、引用に関するデータが整備されていないため、現時点では分析は困難である⁸⁹。そこで、本研究では、米国登録特許における日本人発明特許より被引用度上位 500 件を選び、そこで引用された科学論文のデータを分析した。前節までの分析を補足するために、このデータの分析結果の概要を以下に述べる。

まず、「日本人発明特許トップ 500」自体の分野別内訳を見ると、ナノテクノロジー・材料が 30.5%と最も多く、情報通信（22.8%）が続いており、「有力特許トップ 500」（図表 2.3.1.6）でライフサイエンスの割合が大きいことは大きな違いがある。

また、全般的に先行特許や文献の引用回数が少なく、特に、科学論文の引用回数は 868 回に過ぎない。また、サイエンス・リンケージは 1.7 であり、科学論文自体の数も 360 編に過ぎない。ただし、情報通信とナノテクノロジー・材料のサイエンス・リンケージがライフサイエンスの値を上回るという特徴が見られた。

次に、日本人発明特許トップ 500 に引用された科学論文の被引用回数を分野別、国別に区分して比較した（図表 2.3.1.15）。

図表 2.3.1.15 日本人発明特許トップ 500 に引用された科学論文：
各分野における被引用回数の国別シェア

国	全分野	ライフサイエンス	ナノテク・材料	情報通信
米国	43.5%	44.8%	46.7%	39.1%
イギリス	1.3%	0.0%	0.3%	1.1%
日本	17.4%	25.0%	17.0%	21.7%
ドイツ	18.0%	3.1%	18.7%	24.3%
フランス	5.1%	12.5%	5.2%	4.3%
その他	14.7%	14.6%	12.0%	9.4%
全体 (回数)	100% (235)	100% (16)	100% (153)	100% (46)

図表 2.3.1.14 を図表 2.3.1.13 と比較すると、全般的な被引用回数（図表 2.3.1.13 で「回数」と示した行の値）が少ないことがわかる。特にライフサイエンス分野の被引用回数は 16 回と少ないため、この分野の国別内訳は信頼できるデータではない。ただし、いずれの分野においても、米国の割合が最も大きいことは共通している。ナノテクノロジー・材料分野と情報通信分野では、米国に次いでシェアの大きい国はドイツである。

⁸⁹ 日本登録特許における特許と科学論文の引用分析に関しては、玉田による研究がある。

考察と展望

本研究により、有力特許に引用される科学論文の半数以上が大学で生産されていることが明らかとなった。言い換えるならば、特許発明の源泉となる科学知識の生産に関して、世界的に大学が主要なアクターであるということができる。日本では特にその傾向が強く、7割以上が大学における研究から産み出されていた。逆に、日本の政府研究機関は、このような影響力が他の国の政府機関に比較して小さいことが明らかになった。

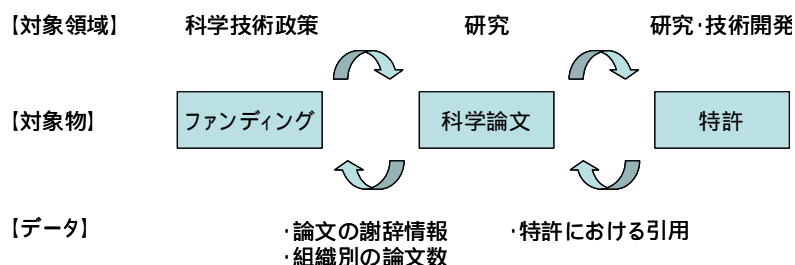
また、国別の影響力の大きさについては、米国が最も大きな影響力を有しており、イギリスがそれに続いているが、日本は両国に次ぐ地位にあることが確認できた。また、日本の科学論文の影響力は、論文発表件数に見合った程度の大きさであると評価することができる。

また、日本のライフサイエンスに関して、そもそも特許件数が少ないこと、特許発明における科学知識の活用が盛んでないこと、という2つの面における特許の「弱点」が浮き彫りになり、また、科学論文の問題点として、特許発明の源泉となった科学論文が相対的に少ないことが判明した。

ただし、本研究は、特許による科学論文の引用が、特許発明とその源泉となった科学研究とのリンケージを示すデータであるという仮定を前提にしている。そのため、本稿に述べた分析結果およびその解釈を裏付けるためには、今後、多様な側面からの研究が必要である。

なお、本研究は、より大きな構想を有する研究の一環として行った。その研究とは、科学論文の計量書誌データの体系的・構造的分析を中核として、科学研究へのファンディングのデータの分析、本研究のように特許との連携のデータの分析などを関連付けることにより、科学技術政策、研究、技術開発という科学技術活動の主要な側面を定量的に捉えようとするものである（図表 2.3.1.16）。この研究により、科学技術政策の効果の測定や評価のための重要な基礎資料が得られることが期待される。

図表 2.3.1.16 研究開発の連関分析の概念モデル



参考文献

Albert, M.B., Avery, D., McAllister, P. and Narin F. (1991), "Direct Validation of Citation Counts as Indicators of Industrially Important Patents," *Research Policy*, Vol.20, No.3, 251-259.

Anderson, J; Williams, N; Seemungai, D; Narin, F; Olivastro, D. (1996), "Human genetic technology: Exploring the links between science and innovation," *Technology Analysis and Strategic Management*, Vol.8, No. 2, p.135-156.

Archibugi, D. (1992), "Patenting as an indicator of technological innovation: a Review," *Science and Public Policy*, Vol. 19, No. 6.

Buderi, R., Carey, J., Gross, N. and Miller, K.L. (1992), "Global Innovation: Who's in the Lead?" *Business Week Patent Scoreboard*, August 3.

Carpenter, M.P., Narin, F. (1983), "Validation Study: Citations as Indicators of Science and Foreign Dependence," *World Patent Information* 5, 3, 180-185.

Carpenter, M.P., Narin, F. and Woolf, P. (1991), "Citation Rates to Technologically Important Patents," *World Patent Information* 4, 160-163.

Clinton, W.L. and Gore, Jr., A. (1993), *Technology for America's Economic Growth, A New Direction to Build Economic Strength*, Office of the President of the United States.

Coy, P. and Carey, J. (1993), "The Global Patent Race Picks Up Speed," *Business Week Patent Scoreboard*, August 16.

De Bruin, R.E., and H.F. Moed (1993), "Delimitation of scientific subfields using cognitive words from corporate addresses in scientific publications," *Scientometrics* 26, pp. 65-80

Deng, Z., Lev, B. and Narin, F. (1990), "Science & Technology Indicators as Predictors of Stock Performance," *Financial Analysts Journal*, 55, 3, 20-32.

Deng, Zhen and Lev, B. (1998), "The Valuation of Acquired R&D." Manuscript to be published.

Diana Hicks, Hiroyuki Tomizawa, Yoshiko Saitoh, Shinichi Kobayashi (2004), "Bibliometric techniques in the evaluation of federally funded research in the United States," *Research Evaluation*, Vol. 13, number 2, pp.78-86.

European Commission, Directorate General for Research (2002), "Linking Science to Technology, Bibliographic References in Patents," Vol.1-9, Community Research, Project Report EUR20492/1 - EUR20492/9, Brussels.

- Franko, L.G. (1989), "Global Corporate Competition: Who's Winning, Who's Losing, and the R&D Factor as One Reason Why," *Strategic Management Journal* 10, 449-474.
- Garfield, E. (1955), "Citation Indexes for Science," *Science* 122, 108-111.
- Garfield, E. (1986), "Do Nobel Prize Winners Write Citation Classics?" *Current Comments* 23, 182.
- Griliches, Z. (1981), "Market Value, R&D, and Patents," *Economics Letters* 7, 183-187.
- Griliches, Z. (1990), "Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey," *Journal of Economic Literature* 28, 1661-1707.
- Griliches, Z. (1990), "Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey", *Journal of Economic Literature*, 28, pp. 1661-1707
- Grupp, H. and U. Schmoch (1992a), "Perception of Scientification of Innovation as Measured by Referencing between Patents and Papers", In: H. Grupp (ed.), *Dynamics Science-based Innovations*, Springer Publishers, Berlin/Heidelberg, pp. 73-128
- Grupp, H. and U. Schmoch (1992b), "Wissenschaftsbindung der Technik. Panorama der internationalen Entwicklung und sektorales Tableau für Deutschland; *Physica*", Heidelberg
- Hall, B.H., Jaffe, A. and Trajtenberg, M. (1998), "Market Value and Patent Citations: A First Look," Paper prepared for the Conference on Intangibles and Capital Markets, New York University.
- Harhoff, D., Narin, F., Scherer, F.M. and Vopel, K. (1999), "Citation Frequency and the Value of Patented Inventions," *The Review of Economics & Statistics*, 81, 3, 511-515.
- Inhaber, H. and Przednowek, K. (1976), "Quality of Research and the Nobel Prizes," *Social Studies of Science* 6, 33-50.
- Jaffe, A. and Trajtenberg, M. and Henderson, R. (1993), "Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations," *Quarterly Journal of Economics*, 108 (3).
- Mansfield, E. (1991), "Academic research and industrial innovation," *Research Policy*, Vol.20, No.1, 1991, p.1-12.
- McMillan, G.S., Narin, F. and Deeds, D.L. (2000), "An analysis of the critical role of public science in innovation: the case of biotechnology", *Research Policy*, 29, pp. 1-8.

Meyer Krahmer, F. (2000), "Increasing role of Basic Research for Innovation: The Case of Science Based Technologies. Empirical Evidence and Institutional Consequences", ISI Karlsruhe, Conference paper

Michel, J; Bettels, B. (2001), "Patent citation analysis," *Scientometrics*, Vol.51, No.1, p.185-201.

Narin, F. (1969), Principal Investigator. TRACES -Technology in Retrospect and Critical Events in Sciences, IIT Research Institute. Prepared for NSF under Contract NSF C-535. Vol. 2.

Narin, F. (1976), Evaluative Bibliometrics: The Use of Publication and Citation Analysis in the Evaluation of Scientific Activity, Contract NSF C-627, National Science Foundation. March 31, 1976. Monograph: 456pp. NTIS Accession #PB252339/AS.

Narin, F. (1991), "Globalization of Research, Scholarly Information and Patents -Ten Year Trends." In: Proceedings of the North American Serials Interest Group (NASIG) 6th Annual Conference June 14-17, 1991. *The Serials Librarian* 21, 2-3.

Narin, F. (1993), "Patent citation analysis: The Strategic application of technology indicators," *Patent World*, April, p.25-31.

Narin, F. and Noma, E. (1987), "Patents as indicators of corporate technological strength," *Research Policy* 16, 143-155.

Narin, F; Breitzman, A. (1995), "Inventive productivity," *Research Policy*, Vol. 24, No. 4, p.507-519.

Narin, F; Hamilton, K; Olivastro, D. (1997), "The increasing linkage between U.S. technology and public science," *Research Policy*, Vol.26, No.3, p.317-330.

Narin, F; pinski, G; Gee, H. H. (1976), "Structure of the biomedical literature," *Journal of the American Society for Information Science*, Vol.27, No.1, p.25-45.

National Science Foundation, Science Indicators 1972, Report of the National Science Board, 1973, and subsequent biennial Science and Technology Indicators reports.

OECD (1990), "University-Enterprise Relations in OECD Member Countries," Paris, OECD.

Pakes, A. (1985), "On Patents, R&D, and the Stock Market Rate of Return," *Journal of Political Economy* 93(2), 390-409.

Patent and Trademark Office (1976). U.S. Department of Commerce, Technology Assessment and Forecast. Sixth Report.

Patent and Trademark Office (1995). U.S. Department of Commerce, Manual of Patent Examining Procedures. Section 904.02, 6th edition.

Price, D. S. (1965), "Little Science, Big Science," New York, Columbia University Press.

Price, D. S. (1969), "Measuring the Size of Science," Proceedings of the Israel Academy of Science and Humanities, 10 -11.

Reisner, P. (1965), "A Machine Stored Citation Index to Patent Literature Experimentation and Planning," in: H.P. Lunh (ed.). Proceedings of Automation and Scientific Communications Annual Meeting 1963 (American Documentation Institute, Washington, DC.).

Rosenberg, N. and Birdzell, Jr, L.E. (1990), "Science, Technology and the Western Miracle," Scientific American 263 (5), 42 -54.

Schmoch, U. (1993), " Tracing the knowledge transfer from science to technology as reflected in patent indicators " , Scientometrics, 26 (1), pp. 193 -211

Schmoch, U. (1997), " Indicators and the relations between Science and Technology " , Scientometrics, No 38, pp. 103 -116

Schmoch, U., Strauss, E., Grupp, H. and Reiss, T. (1993), " Indicators of the Scientific Base of European Patents " , Report to the European Commission, EUR 15 330 EN, Brussels/Luxemburg

Stewart, T.A. (1994), "Your Company's Most Valuable Asset: Intellectual Capital," Fortune, October 3, 68 -74.

Takayuki Hayashi and Hiroyuki Tomizawa (2006), "Restructuring the Japanese national research system and its effect on performance," Scientometrics, Vol.68, No.2, pp.241 -264.

Tijssen, R.J.W., and Van Wijk, E. (1999), " In search of the European Paradox: an international comparison of Europe's scientific performance and knowledge flows in information and communication technologies research " , Research Policy, 28 (5), pp. 519 -543

Tijssen, R.J.W., Buter, R.K. and Van Leeuwen, Th.N. (2000), " Technological relevance of science: validation and analysis of citation linkages between patents and research papers " , Scientometrics, 47, pp. 389 -412

Trajtenberg, M. (1990), "A Penny for your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovations," Rank Journal of Economics 21, 11.

Turney, J. (1991), "What Drives the Engines of Innovation?" New Scientist, 40.

Van Vianen, B.G., Moed, H.F. and van Raan, A.F.J. (1990), "An Exploration of the Science Base of Recent Technology", Research Policy, 19, pp. 61-81

Worcester Polytechnic Institute (1988), Analysis of Highly Cited Patents: Are They Important? Report prepared for the U.S. Patent Office.

玉田俊平太, 児玉文雄, 玄場公規, 鈴木潤, 「特許化された技術の源泉」, 研究・技術計画学会第 19 回年次学術大会・講演要旨集, pp.167-170, 2004 年 10 月.

玉田俊平太, 『特許と論文等とのリンケージに関する研究』(東京大学学位論文), 2003 年 3 月.

藤垣裕子, 平川秀幸, 富澤宏之, 調麻佐志, 林隆之, 牧野淳一郎, 『研究評価・科学論のための科学計量学入門』, 丸善株式会社, 2004 年 3 月 30 日.

富澤宏之, 「特許解析で見る技術開発動向 引用分析を中心として 」, CICSJ Bulletin, Vol.16, No.6 1998, pp17-20.

富澤宏之, 林隆之, 近藤正幸, 「科学技術基本計画の影響に関する計量文献学的データによるマルチレベル構造分析(1)」, 研究・技術計画学会第 19 回年次学術大会・講演要旨集, pp.87-90, 2004 年 10 月.

富澤宏之, 林隆之, 山下泰弘, 近藤正幸, 「有力特許に引用された科学論文の定量分析」, 研究・技術計画学会第 20 回年次学術大会・講演要旨集, pp.228-231, 2005 年 10 月.

文部科学省科学技術政策研究所, NSITEP REPORT No.88, 『基本計画の達成効果の評価のための調査: 科学技術研究のアウトプットの定量的及び定性的評価』(平成 15 年度~16 年度科学技術振興調整費調査研究報告書), 2005 年 3 月.

林隆之, 富澤宏之, 近藤正幸, 「科学技術基本計画の影響に関する計量文献学的データによるマルチレベル構造分析(2)」, 研究・技術計画学会第 19 回年次学術大会・講演要旨集, pp.91-94, 2004 年 10 月.

2.3.2 イノベーション活動の統計的観測

【伊地知寛博(一橋大学 イノベーション研究センター 助教授)】

本稿は、「企業におけるイノベーション活動の統計的観測のあり方(全国イノベーション調査のあり方)」と「既存調査データに基づくイノベーション・システムの分析」とからなる。以下では、それぞれの内容に従って取り纏める。なお、関連する主として最近の既存文献については、報告の中で、適宜、言及することとする。

(1) 企業におけるイノベーション活動の観測

概要

本調査・研究の目的は、各国における現在のイノベーション調査の実施状況ならびに新たな調査の検討状況を把握して、これら調査における質問事項や依拠する調査方法論についての情報を得るとともに、既存のイノベーション調査のデータに関する政策分析等への活用状況についても整理を行うことにある。また、EUにおいては各国でのイノベーション調査の経験を踏まえた公開セミナーが企画されていることから、これに参画するなどして意見交換あるいは情報の収集を図る。そして、このような一連の作業を通じて、イノベーションの測定という文脈の下で、今後の調査研究の課題を整理する。

国際的動向のレビュー

a. 調査の動向

イノベーション活動の観測に係る調査や研究に関する最近のレビューとしては、Smith [2005]がある。本調査・研究では、その中で、innovateする「客体(object)」であるプロダクトやプロセスといった「イノベーション(innovation)」に着目してこれを観測単位とする、いわゆる「客体(object)」アプローチによる調査・研究はスコープの範囲とはせず、innovateする「主体(subject)」であるイノベータ(イノベーション実施企業等)に着目してこれを観測単位とする、いわゆる「主体(subject)」アプローチによる調査・研究を対象として、中でも、共同体イノベーション調査(CIS: Community Innovation Survey)など、一般に、「イノベーション調査」と呼ばれている調査や関連の研究に焦点を絞って記述していく。

イノベーション活動に関する事例ベースでの調査・研究は以前よりもあったが、研究開発活動ではなくイノベーション活動に関して、個々の主体を対象とした調査をもとにその状況を定量的に観測しようとすることは、1980年代に活発となった。その中でも、とくにその後の調査・研究に強い影響を与えたものの一つが、いわゆる“Yale survey(イエール・サーベイ)”であった[Levin et al., 1987]。

米国だけではなく、欧州においても、イノベーションに関する多様な調査・研究が実施されるようになった。そのような中で、1990年代にはいって、欧州全体での測定

活動と研究活動にインパクトをもたらすこととなったのが、第 1 回共同体イノベーション調査(CIS 1: the first Community Innovation Survey)の実施である。EIMS: European Innovation Monitoring System (欧州イノベーション・モニタリング・システム)と呼ばれるプログラムの一環として、欧州委員会の Eurostat (欧州共同体統計局)と DG Enterprise (企業総局)とが合同で、当時の EU メンバー国とノルウェーおよびアイスランドの企業を対象とした大規模な調査が、1991 年に着手されて 1993 年に実施された⁹⁰。この調査から得られたデータに基づく研究も、この EIMS の枠組の中で多くが生み出された⁹¹。

このように欧米で大規模な調査が実施されはじめたが、とくに欧州において CIS 1 調査全体の調和を図ることをめざして、OECD において、新たにイノベーション・データの収集と解釈に関するガイドラインが作成されることになった。これが、「オスロ・マニュアル(Oslo Manual)」である。これについては後述する。

CIS 1 がパイロット調査の性格を有していたのに対して、1997 年から 1998 年にかけて実施された第 2 回共同体イノベーション調査(CIS 2: the second Community Innovation Survey)は、より本格的な調査となった。CIS 1 が製造業のみを対象としていたのに対して、CIS 2 ではサービス業にまで拡張された。

この後の動向については、さらに、項を改めて記述していく。

なお、現在、OECD 加盟 30 か国のうち、米国とメキシコを除く 28 か国が統計調査として、この「イノベーション調査」を実施している(米国は以前にパイロット調査として実施したことがあり、メキシコも小規模の調査として実施したことがある)。そして、世界全体では、少なくとも 45 か国は調査を実施している。

b. オスロ・マニュアル

イノベーション・データの収集と解釈に関する国際標準的なガイドラインが「オスロ・マニュアル(Oslo Manual)」である。これは、「研究開発調査(R&D survey)」に対して「フラスカティ・マニュアル(Frascati Manual)」(現行の第 6 版は OECD [2002]である)があることで、国際比較可能とするための一定の基盤を提供して有効であることになり、同様に国際的にイノベーション調査を実施していく際の共通のガイドラインとして、概念等について取り纏めたものである。初版[OECD, 1992]は、CIS 1 の準備と並行して、1992 年に発行された。その後、調査の経験を踏まえ、CIS 2 の実施に対応して、OECD と Eurostat との合同の出版物として、第 2 版[OECD and Eurostat, 1997]が発行された。

その後、第 3 回共同体イノベーション調査(CIS 3: the third Community Innovation Survey)での経験を踏まえ、調査結果だけでなく、調査方法論に関する分析や検討を行った上で、全面的に改訂されて 2005 年に発行されたのが、第 3 版[OECD and Eurostat, 2005]である。重要な変更としては、まず、観測対象とされるイノベーションの範囲が、技術的イノベーション(technological innovation)から、組織イノベーション

⁹⁰ (<http://cordis.europa.eu/eims/src/cis.htm>)

⁹¹ (<http://cordis.europa.eu/eims/src/stud-3.htm>)

(organisational innovation) とマーケティング・イノベーション (marketing innovation) を含む非技術的な変化まで含むことになったことであろう。また、調査内容に関連しては、イノベーションプロセスにおける連携 (linkages in the innovation process) という章が設けられたことにも留意すべきである。さらに、第 2 版までは概念的な説明が多く、調査方法論についてはそれほど明確な記述はなかったが、今回の改訂ではこれまでの調査の経験が大きく反映され、国際比較可能性の確保を考慮して、望ましい方法がかなり具体的に記述されるようになった。附属資料として、発展途上国におけるイノベーション調査についても含められ、名実ともに国際標準的なガイドラインとなっている。

c . 我が国における経験と動向

第 3 期「科学技術基本計画」において、にわかに明示的にイノベーションが重要な政策課題として取り上げられるようになったが、以前より国際的な政策の動向を鑑みて、また、調査の面でも、とくに欧州の状況や、それまでの研究者レベルでの日米国際比較調査研究の経験を踏まえて、文部科学省科学技術政策研究所が、総務大臣からの承認を得て実施する公式の統計調査（いわゆる「承認統計」）として、2003 年に「全国イノベーション調査 (J-NIS 2003: Japanese National Innovation Survey 2003)」を実施した [伊地知ら, 2004]

d . 欧州における経験と動向

CIS 3 の調査票上の重要な変更は、とくにサービス業企業においてイノベーションに対して想定とは異なる理解をもたらし、また（英語以外の）言語によっては「技術」とは異なる意味をもつ “technological（技術的）” という修飾の排除である。ただ、対象としては、技術的イノベーションのプロダクト・イノベーションとプロセス・イノベーションに限定されていた。

CIS 3 以後も、欧州諸国では、継続して共同体イノベーション調査が実施されている。イノベーション政策の重要性が増すにつれ、イノベーションのデータに対するニーズも強まり、CIS 4 の策定までの期間を埋めるために設問項目を絞った簡易調査が 2002 年から 2003 年にかけて実施された。これが、いわゆる、CIS Light である。

ところで、CIS 3 では、初めて非技術的变化に関する設問が取り入れられたが、その後の、「オスロ・マニュアル」第 3 版改訂までの検討状況を踏まえて、CIS 4 では、組織イノベーションとマーケティング・イノベーションを加えた調査票が設計された。また、CIS 4 では、欧州域内における国際比較可能性を確保するために、EU の公式言語である各国語に慎重に翻訳された。

欧州におけるイノベーション調査の実施において、制度上もきわめて重要な変更がなされた。それは、従来は、欧州委員会からの助成を受けることも可能としながら、各国が自律的・自発的に調査を実施するという体制であったが、欧州議会と欧州理事会の決定（Decision No 1608/2003/EC of the European Parliament and of the Council of 22 July 2003 concerning the production and development of Community statistics on science and technology、Official Journal of the European Union, L 230,

16.9.2003, p. 1. (科学技術に関する共同体統計の作成と開発に関する 2003 年 7 月 22 日の欧州議会と欧州理事会の決定第 1608/2003/EC 号, 欧州連合官報, L 230, 2003 年 9 月 16 日, p. 1)) により、研究開発調査のデータと同様、イノベーション調査のデータについても、EU メンバー国が実施し、EU メンバー国は、定められた変数について集計されたデータを一定期間内に Eurostat に報告すべきこととなった。また、報告すべき具体的な変数、調査対象とする活動と部門(産業)、結果として示すべき内訳、頻度、Eurostat へのデータ転送の期限等については、委員会指令 (Commission Regulation (EC) No 1450/2004 of 13 August 2004 implementing Decision No 1608/2003/EC of the European Parliament and of the Council concerning the production and development of Community statistics on innovation, Official Journal of the European Union, L 267, 14.8.2004, p. 32. (イノベーションに関する共同体統計の作成と開発に関する 2003 年 7 月 22 日の欧州議会と欧州理事会の決定第 1608/2003/EC 号を施行する 2004 年 8 月 13 日の委員会指令(EC)第 1450/2004 号, 欧州連合官報, L 267, 2004 年 8 月 14 日, p. 32)) によって規定されている。ことに、頻度については、附則第 3 項(Annex, Section 3)において、対象とするすべての変数については 4 年ごとに報告し、イノベーション活動実行企業等に関する主要な変数については 2 年ごとに報告すべきこととされたことから、実際に、調査がこの頻度で実施されるように計画されるようになっている。

現在、共同体イノベーション調査は、EU メンバー国 27 か国のほか、加盟候補国、そして、EU 以外の EEA 協定締結国であるうちのノルウェーとアイスランドが実施している。2007 年にはいいり、各国は、CIS 4 に基づいて、2006 年を参照年 (2004 年から 2006 年を観測年) とする CIS 2006 (2006 年共同体イノベーション調査) に着手している。また、この CIS 2006 では、改訂された「オスロ・マニュアル」の定義や概念を本格実施に移していくために、国によって選択可能な付加的なモジュールとして、組織イノベーション、マーケティング・イノベーション、知識マネジメントの 3 つも設定している。

今後は、CIS 2006 が実施段階にはいったことから、国際レベルでは、次の CIS 2008 (2008 年共同体イノベーション調査) に向けた検討に着手されるようである。

なお、共同体イノベーション調査の調査方法論については、メタデータとして公表されている⁹²。

ここまで述べてきているとおり、欧州諸国で共同体イノベーション調査は各国で実施されているが、実施のしかたは各国での統計体制の状況によっている。統計機構については、大別して、国の中で統計調査に応じて統計調査実施機関が分散している「分散型」と、特定の統計調査期間に集中している「集中型」とがある。それぞれに長短があり、どちらが望ましいといえるものではなく、また、統計機構については、どの国も歴史的な経緯や背景があり、また、国の政府体系にも依存しているといえる。とくに、イノベーション調査については、これまでに見てきたように、新たな変数の導入や概念の変更に伴うパイロット調査あるいはパイロット・モジュールの実施など試

⁹² (http://europa.eu.int/estatref/info/sdds/en/inn/inn_base.htm)

行的性格を常に帯びて柔軟な体制である必要がある、データに対する政策上および学術上のニーズが高く分析を行う研究者・専門家との密接な関係が不可欠である、といった特徴があり、各国ともこれを満たすように進められている。「分散型」の場合には、従来、研究機関、あるいは、研究・調査機関で、イノベーション調査が実施されている。具体的には、ドイツやデンマークが例として挙げられる。一方、「集中型」の場合にも、純粋に統計機関としてのみ行っているところも存在するが、いずれも、研究・調査機関と密接な連携を有するか、あるいは、元々、研究・調査機能を内包する統計機関（すなわち、統計機関の職員は、統計の専門家であるのみならず、それぞれ統計の対象とする分野・領域についての専門家である）で実施している。具体的には、フランス、イタリア、ノルウェーが例として挙げられる。また、元来は純粋な統計機関であったところでも、研究・調査機能を内包するようになってきているようである。このような例としては、フィンランドが挙げられる。

なお、日本については、総務省統計局によれば⁹³、「分散型統計機構」とであるとされ、総務省統計局統計調査部が国勢の基本に関する統計調査を実施し、各府省が各府省の所管行政と密接に関連する統計調査を実施している。こういった統計機構の特徴や、イノベーション調査自体の発展の経緯を考慮した場合、科学技術に関する基本的政策の企画・立案・推進を担う組織の研究・調査機関としての科学技術政策研究所が実施機関として想定される。

調査の結果については、欧州委員会として Eurostat が取り纏めて公表している（たとえば、Eurostat [2004] , Crowley [2004] ）。

また、各国でも、それぞれに調査結果が公表されている。最近のごく一例を挙げれば、ドイツでは、2005 年のイノベーション調査について Aschhoff et al. [2006] が、フランスでは、結果の概要を取り纏めた SESSI [2006] が、連合王国では、ONS [2006] や DTI [2006] がある。また、スウェーデンでは、SCB [2006] があり、デンマークでは、CFA [2006] がある。また、冊子体の出版物としてではなく、インターネットのサイトから、結果の概要と主要な数表を提供している場合もある⁹⁴。

e . 非 EU の OECD メンバー国における経験 （カナダ）

カナダでは、1999 年に製造業を対象として、2003 年には専門サービス業を対象として、また、2005 年には製造業等を対象として、CIS と対応可能な調査を継続して実施している。調査から得られたデータからは、多様な分析がなされており、1999 年の調査については、Statistics Canada [2002] のような報告があるほか、多くの成果が次のサイトから利用可能となっている⁹⁵。また、1999 年に実施された調査に基づくさまざまな研究や調査自体に関する検討の成果については、Gault [2003] にも取り纏めら

⁹³ (<http://www.stat.go.jp/index/seido/2-2.htm>)

⁹⁴ 例 . ノルウェー (<http://www.ssb.no/emner/10/03/innov/>) , フィンランド (http://www.stat.fi/til/inn/2004/inn_2004_2006-04-19_tie_001.html)

⁹⁵ <http://cansim2.statcan.ca/cgi-win/cnsmcgui.exe?LANG=e&ResultTemplate=OLC&CORCMD=GETEXT&CORTYP=1&CORRELTYP=2&CORID=4218>

れている。

（オーストラリア）

オーストラリアでは、1994 年、1996 年に実施され、最近では、2003 年、2005 年に実施されている。結果については、ABS [2005]として公表されているほか、新たな分割表の追加や、他国・地域との比較などが、順次、インターネットを通じて公表されつつある⁹⁶

（ニュージーランド）

ニュージーランドも、2001 年、2003 年、2005 年と、継続して実施してきている。その結果については、Statistics New Zealand [2002、2004、2007]として公表されている。

（韓国）

韓国も、同様に継続して実施してきている。1996 年には、製造業を対象にして CIS 1 に対応した調査が実施された。また、2002 年には、製造業を対象にして、2003 年には、サービス業を対象にして、CIS 3 に対応した調査が実施された。さらに、2005 年には、製造業を対象にして、CIS 4 に対応した調査が実施された。調査結果については、실태영 외[2002] ,엄미정 외[2004] ,엄미정 외[2005]として公表されているほか、調査データに基づく分析についても報告されている。

（スイス）

スイスにおいても、調査は実施されており、2002 年に実施された調査の結果は、Arvantis et al. [2004]として公表されている。

f．非 EU 非 OECD メンバー国における経験と動向

（発展途上国におけるイノベーション調査）

発展途上国においても、盛んにイノベーション調査が実施されている。ただし、先進国とは異なる状況もあることから、それぞれの地域の特性に応じた検討や工夫がなされている。なかでも、中南米諸国における科学技術指標専門家のネットワークである RICYT: Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (Ibero-American Network on Science and Technology Indicators [en])（イベロアメリカ科学技術指標ネットワーク）は、「オスロ・マニュアル」にならって「ボゴタ・マニュアル(Bogotá Manual)」[RICYT, OAS and CYTED, 2001]を作成した。

さらに、「オスロ・マニュアル」の改訂に際して、これまでの発展途上国における経験を国際標準的なガイドラインに添えられることとなり、第 3 版の附属資料の 1 つと

⁹⁶ 最近の公表

<http://144.53.252.30/AUSSTATS/abs@.nsf/Lookup/8158.0Main+Features12005?OpenDocument>

して、「Innovation Surveys in Developing Countries (発展途上国におけるイノベーション調査)」が置かれた。これは、RICYT: のメンバーが起草し、とりわけ非 OECD 非 EU メンバー国における科学技術指標・統計に関して国際協力を図る UIS: UNESCO Institute for Statistics (国際連合教育科学文化機関 (ユネスコ) 統計院) による調整を経て実現した。

(中南米諸国)

中南米諸国においては、RICYT のような専門家ネットワークもあることもあり、各国で調査が実施されている。Goedhuys [2005]によれば、以下の国々がそれぞれ調査を実施しているようである：チリ (4 回)、ブラジル (2 回)、メキシコ (2 回)、パナマ (1 回)、ペルー (1 回)、ベネズエラ (1 回)、アルゼンチン (2 回)、コロンビア (3 回)、ウルグアイ (2 回)、パラグアイ (1 回)、キューバ (1 回)、エクアドル (1 回)。

(アフリカ諸国)

南アフリカが、2001 年に調査を実施し、2005 年には公式の統計調査としては最初の調査が実施されている (<http://www.hsra.ac.za/CCUP-59.phtml>)。

また、スウェーデンの SIDA: Styrelsen för internationellt utvecklingssamarbete (国際開発協力庁) の支援で、スウェーデンおよびアフリカの専門家がコミットして、アフリカの 15 ないし 20 か国におけるイノベーション調査が計画されている。2009 年には、最初のアフリカ・イノベーション・アウトLOOKを公表する予定としている⁹⁷。

(ロシア)

ロシアも、1997 年、1999 年、2001 年、2003 年と、継続して調査を実施してきている。最近の結果については、[2005]に取り纏められている。

g. アジア

(台湾)

台湾では、2002 年に、CIS 3 を参考にした調査が実施されている。その結果については、Wang et al. [2003]や、行政院國家科學委員會[2003]として報告されている。

(タイ)

タイでは、1999 年と 2002 年に実施されている (NSTDA [2003])。

(シンガポール)

シンガポールでは、調査の詳細は明らかではないが、2000 年に調査が実施されているようである (Wong and Singh [2005], Wong, Lee and Foo [2005a, 2005b], Wong et al. [2002], Wong and Lin [2001])。

⁹⁷(<http://www.research-africa.net/news.cfm?pagename=newsStory&lang=AF&type=default&elementID=70318&noSearch=true>)

h. 未実施国における動向

(米国：USA)

現在、イノベーションに限られることなく、従来の研究開発に関する測定・統計までも含めて大幅な見直しが行われている。以前から、連邦レベルで、「イノベーション」について関心が高まるたびに、イノベーションの測定に関するニーズも示されてきたが、これまでのところでは、それが実際に、公式のイノベーション調査として行われるには至っていない。

しかしながら、国際的な動向と同様に、全国的なイノベーション促進への関心が高まるなか（たとえば、Council on Competitiveness [2005]）、また、とくに、政策形成者から科学技術やイノベーションに関する測定やモデルに対する要求が強まるなか（たとえば、Marburger [2006]）、以前とは少し状況が異なってきているようである。

イノベーション調査について、米国では、1994年に、NSFが、製造業企業を対象にパイロット調査を実施したことがある[Cooper and Merrill, 1997]。また、ほぼ同じ1994年に、研究者レベルで、製造業民間企業を対象として、1987年に実施された“Yale survey (イエール・サーベイ)”後の変化と国際比較をめざして、“Yale II survey (イエール II・サーベイ)”、あるいは“CMU survey (カーネギーメロン大学サーベイ)”と呼ばれる調査が実施されている[Cohen et al., 2002]。

NSFにおける企業を対象とした研究開発およびイノベーションに関する測定のあり方を対象とした、専門家を交えた検討については、1990年代より断続的に行われている。上述のCooper and Merrill [1997]は、その一つの結果である。また、2000年代にはいっても、NSFがThe National Academiesに委託して検討が行われた。その結果については、Brown et al., [2005]に纏められているほか、この検討の中で開催されたワークショップの結果[Hall and Merrill, 2005]も公表されている。

現在、NSF内では、既存の調査を継続的に実施していく一方で、新たな調査のための検討を異なるグループを構成して実施しているところであるという[Carlson and Mulrow, 2007]。2006年6月には、NSFが主催し専門家を集めて、“Advancing Measures of Innovation: Knowledge Flows, Business Metrics, and Measurement Strategies (イノベーション測定法の前進：知識フロー、事業の測定規準、および測定戦略)”と題されたワークショップが開催されているが[NSF, 2007]、従来の、研究開発に対するインプット（資金、人材）に関する測定にとどまらず、研究開発やイノベーションに係るさまざまな局面について関心が及んでいることがわかる。

なお、現在の予定では、Carlson and Mulrow [2007]によれば、イノベーションに関するモジュールも含む新たな「産業研究開発調査」が2009年中にも試行される予定であり、また、その際には、国際標準的なガイドラインである「オスロ・マニュアル」を参照することが考慮されているようである。このほか、研究開発活動に関して、異なる金額ベースで国内外について、できるだけ相互の項目について整合が取れるように把握するほか、イノベーション以外のモジュールについては、技術の性質、研究開発従事者数、知的財産権ならびにライセンスといった内容を含めることが検討されているようである。

(中国)

中国でも、現在、CIS 4 と比較可能なイノベーション調査の実施に向けて準備が進められている。中華人民共和国国家統計局が統計実施機関となる予定であり、国の規模が大きく、企業数もたいへん多いことから、同じ集中型統計機構を取っているスウェーデンとフィンランドの支援を得ているとのことである。

i . 結果の開示(1)-統計報告

統計報告としては、上述の各国・地域における経験と動向の中でも示してきたとおり、それぞれに行われているほか、EU では、Eurostat が報告書 (Eurostat [204]) を作成したり、概要紹介 (たとえば、Crowley [2004]) を行ったりしている。

OECD では、研究開発データのように、まだデータを集約してこれを国際比較可能な出版物として公表するということも行っていないが、後述するミクロデータ・プロジェクトの中で、主要な指標の国際比較可能性の検討が開始されており、いずれ近いうちには、現在の Main Science and Technology Indicators のようなデータ集の中にも含められることとなろう。

j . 結果の開示(2)-データベース

共同体イノベーション調査においては、集約されたデータが、New Cronos データベースから利用可能になっている⁹⁸。このサイトから、まず、“ Science and technology ” のフォルダを展開し、次に、“ Community innovation survey ” のフォルダを展開すると、CIS 2 以降で、Eurostat が保有している集約されたデータにアクセスできる。これは、個別データではなく、利用者の要求に応じた統計表が得られるというものである。

なお、各国で実施されたデータが Eurostat に伝達されているが、これは、以前は、Eurostat より補助を得ていたが、現在は、上述の法的枠組のもとでなされているものであり、国ごとに、経済活動別・企業規模別等に集計・推計されたデータが Eurostat に提供されている。また、現時点でも、個票データは、各国の統計実施機関が保有し、その取り扱いも各国の制度に依存している。Perani [2007] は、欧州諸国における現状と課題を整理している。

第 32 回 CEIES セミナー

CEIES (European Advisory Committee on Statistical Information in the Economic and Social Spheres : 欧州経済・社会領域統計情報助言委員会のフランス語の略語) は、欧州共同体の統計活動が妥当であるように意見具申を行うことを目的として欧州理事会の決定によって設置された機関であり、定期的にセミナーを開催し、意見具申

⁹⁸(http://epp.eurostat.cec.eu.int/portal/page?_pageid=1996,45323734&_dad=portal&_schema=PORTAL&screen=welcomeref&open=/science/inn&language=en&product=EU_MAIN_TREE&root=EU_MAIN_TREE&scrollto=0)

の基礎とするとともに、セミナーでの発表等については公表し一般の利用にも供されるようになっている。イノベーション統計・指標についても、テーマとして、第21回と、最近では第32回で取り上げられている。

第21回 CEIES セミナーは、2003年4月にアテネ（ギリシア）で開催された。「イノベーション統計-研究開発を超えて (Innovation statistics - more than R & D indicators)」と題され、欧州各国で実施された第3回共同体イノベーション調査を実施した経験を受けて、調査の改善や新たな指標の開発を図ることを目的としていた。

第32回 CEIES セミナーは、先頃、2007年2月にオーフス（デンマーク）で開催された。今回は、「イノベーション指標-技術にとどまらず？ (Innovation statistics - more than technology)」と題され、とくに、オスロ・マニュアルが改訂され、測定されるべきイノベーションのスコープが、組織イノベーションやマーケティング・イノベーションといった非技術的イノベーションにも広げられるとともに、この新たな定義を共同体イノベーション調査に導入することを踏まえて設定された。参加者として、イノベーション統計の作成者、データの利用者（政策形成者、研究者）、データの提供者（回答する企業の立場）が一堂に会して、主として第4回共同体イノベーション調査の結果を概観し、オスロ・マニュアル改訂版等について議論し、また、これまでの利用に係る意見に耳を傾け、さらなるユーザーのニーズについて議論することを目的としていた。また、前半ではこれまでの経験を振り返り、後半では今後の取組や課題について検討するように構成されていた。

日本からは、Ijichi [2007]が、イノベーション統計作成者の経験をテーマごとに議論する“(Producer ability to collect data-some experiences)”のセッションの中で、「全国イノベーション調査」において他国よりは詳細な非技術的イノベーションに関するデータを取り扱った経験を踏まえてペーパーを発表した。

統計作成者および研究者からの専門的な内容に係る報告は別の機会に譲り、本節では、政策形成者からのニーズや課題に触れたプレゼンテーション（Büscher⁹⁹[2007]）を紹介する。政策の進展をモニタリングするためにイノベーション指標をよく利用されており、確かにイノベーション調査のデータは主要なデータソースであるが、イノベーションは複雑なプロセスであることから、他のデータソースとも補完的に利用される必要がある。また、実態を的確に表現し因果関係を見いだせるように、適切なレベルで集約されたデータが提示される必要があると述べた。この点は、とくに、都市あるいは地域レベルでの指標を意図しての言及であった。

なお、このセミナーのペーパーについては、全体がプロシーディングスとして取り纏められ、後日、出版されることとなっている。

⁹⁹ Büscher は、欧州委員会企業・産業総局(DG Enterprise and Industry)において、EIS: European Innovation Scoreboard (欧州イノベーション・スコアボード)(最近の報告については、European Commission, DG Enterprise and Industry [2007]を参照。また、国別の各指標データの紹介のみならず、指標に基づく強み・弱みに関する分析も含まれている)の作成を含む、欧州におけるイノベーション政策の分析・学習・展開を図るイニシアティブである PRO INNO Europe⁹⁹の責任者

OECD は、既存の検討や議論に捕らわれずに広い視野で新たな科学技術指標等の開発の方向性を探るために、1996 年にパリで Blue Sky Forum を開催した。この成果としては、イノベーション調査・指標の充実や特許統計の開発などがあり、その後の、OECD やメンバー国における活動の基盤を形成してきた。実際に、イノベーション調査については、とくに欧州を中心として広く各国で公式の統計調査として実施されるようになり、またデータが政策形成に活用されるようになってきている。

この最初のフォーラムから 10 年が経過し、さらに、新たに科学技術・イノベーション指標等の開発の方向性を探るため、2006 年にオタワ（カナダ）で Blue Sky II Forum が開催された。今回は、Statistics Canada（カナダ統計庁）、OECD、NSF: National Science Foundation（米国・国立科学財団）、Industry Canada（カナダ産業省）の主催で開催された。

全体セッションでは、識者よりさまざまな見解が示された。その中で、この間、欧州において、イノベーション指標の開発に主導的に取り組んできた一人である Arundel [2006] は、前回のフォーラムが開催されて以後のイノベーション指標の進展について概観し、まだ政策ニーズに見合う指標や分析が不足していることを指摘した。そして、その問題は、とくに、イノベーションのデータの利用に関して、政策形成者、統計作成者、学者とのあいだでのインターフェースを欠くことにあると述べている。

Freeman and Soete [2007] は、過去 40 年間¹⁰⁰の科学・技術・イノベーション指標に係る作業を回顧し、今後の作業に向けた展望を示した。基本的な主張は、科学・技術・イノベーションのシステムは、連続的にまた急速に進化しており、それらの指標の利用も広がっている。産業界における研究開発に関する指標は、生産性とは関連するものの、経済活動のグローバル化もあり、それだけでは十分ではないと考えられるようになった。そして、イノベーションに関する調査が行われるようになり、いまやむしろ広く取った意味でのイノベーションが成長や発展といった経済のダイナミクスとの関連があり得ることを示唆している。

このほか、ワークショップでは、イノベーションの測定に関連するテーマももちろん設けられており、「非技術的イノベーション(Non technological innovation)」に関するペーパー（Schmidt and Rammer [2006]、Fabling [2006]、Lambert [2006]、Gertler and Vinodrai [2006]、Moldaschl [2006]）や、「イノベーションにおける公的セクターやアクターの役割(The role of public sector and actors in innovation)」に関するペーパー（Hawkins, Langford and Sidhu [2006]、Arundel and Bordoy [2006]、Bonaccorsi and Daraio [2006]、Therrien [2006]）そして、従来のインプット - アウトプット関係を超えた「イノベーションのインパクトの理解(Understanding the impacts of innovation)」に関するペーパー（Anderson and Schaan [2006]、Arundel

¹⁰⁰ 著者の一人による貢献もあって、1963 年に OECD の NESTI によって、研究開発データの測定と解釈に関するガイドラインである“Frascati Manual（フラスカティ・マニュアル）”の初版が取り纏められたことを念頭に置いた表現であろう

and Lorenz [2006]、Nås、Kneil and Hauknes [2006]、McDaniel [2006]) がそれぞれ発表された。

最後に、今回のフォーラムの運営委員会のメンバーで NESTI の議長である Gault [2006, 2007] は、フォーラム全体を総括して、将来の指標開発を導く今後の方向性を、次の 5 つに整理した：

- 「実態を物語るための」指標-科学技術・イノベーション活動が実施されているところで起きていることに関する実態を伝えることの支援になり得る指標
- 「活動」の測定法から「インパクト」の測定法への移行
- 関係各機関間の調整・焦点合わせ・統合
- マクロ・データ分析からミクロ・データ分析への移行
- 科学政策学(science of science policy)の展開

このほか、指標開発における領域横断的な課題として、次を挙げた：

- 人材に関する測定法
- 分類およびガイドライン
- 企業の性格
- 持続可能性

さらに、フォーラムで報告されたペーパーから、活動、連携、アウトカム、インパクトといった内容ごとに、開発されつつある指標のテーマや課題を整理し、さらに、分析に関する課題や、今後の指標の開発や応用といった作業に係る課題を提起した。

(2) 「第2回全国イノベーション調査 (J-NIS 200x) 」(仮称) の実施に向けた検討

本稿は、前述したとおり各国・地域の情報を収集してきた。既に見てきたとおり、国際的にもイノベーション政策は重要となっていることから、そのような政策形成を支えるイノベーション調査のデータについても、各国とも高い関心が高い。EU メンバー国では、隔年でイノベーション調査を実施することが EU としての法令で定められたほか、非 EU メンバー国でもほとんどの OECD 加盟国等で、継続的に調査が実施されていることが、改めて確認された。

今後取り組むべき調査研究の課題について、以下に説明していく。

今後取り組むべき調査研究の課題

a . 国際動向の把握と国際比較可能性の確保

イノベーション調査においては、調査から得られたデータを適切に解釈するためには国際比較を確実に行うことができるように設計・実施する必要がある、各国・地域とも、この国際比較可能性の確保に十分な注意が払われている。

「オスロ・マニュアル」第3版が発行されたことから、EU においてはこのガイドラインで示された組織イノベーションやマーケティング・イノベーションなどに関する

測定が、CIS 2006 の付加的モジュールとして添えられて実施に移され、CIS 2008 から本格的な実施に移行していくとみられる。また、EU メンバー国以外においても、ほぼ同様な調査が実施されていくとみられる。さらに、いずれ、OECD からの国際比較可能な集計データの公表にもつながっていく見込みである、これらのことから、我が国で今後調査を実施していく際には、これら各国・地域の動向を継続的に把握し、国際比較可能性が十分に確保されるよう、質問票および調査方法論の検討にあたって、留意していく必要がある。

b．質問票

国際比較可能性の確保の点から、CIS が一つのベースとなろうが、加えて、Ijichi [2007]でも示唆しているとおり、我が国のイノベーション・システムについては、広義でのプロセス・イノベーションを行っている企業が多く、狭義でのイノベーション実現企業と非実現企業とのあいだでは、経営戦略等に違いが見られる。このような所見は、我が国固有の視点を有することから導かれるものであり、今後とも、我が国の特性に応じた質問事項についても検討していく必要がある。

c．調査方法論

これも、国際比較可能性の確保の点から、「オスロ・マニュアル」第3版において勧告されている内容であり、実際上は、欧州諸国において実施されている CIS のための調査方法論に準拠していく必要がある。

d．調査実施上の課題

現在、現行の統計法を全面的に改正する統計法改正案が国会に上程されている。2003年に実施した「全国イノベーション調査」は、総務大臣より承認を受けた統計報告の徴集、いわゆる「承認統計」として実施された。今後、イノベーション調査は新たな制度のもとでの調査となることから、関係法令等に十分に留意して準備を進めていく必要がある。

e．統計調査実施体制に関する検討

イノベーション調査という統計調査を実施するにあたっては、我が国だけでなく、各国での経験も鑑みても、イノベーションに対する理解やイノベーションに関する研究動向や政策動向を踏まえた専門的な知見を要するほか、統計調査を実施する上で必須の統計技術上の知識や技能、公式の統計調査を実施するための行政上の知見、そして、調査の国際比較可能性の確保や国際的調和の実現、国際協力への寄与といった、国際的な経験や知見が不可欠である。これらの要件を満たすことができるように統計調査実施体制を構築していく必要がある。

既存調査データに基づくイノベーション・システムの分析

a . 概要

本研究の目的は、第3期科学技術基本計画において知的財産活動の推進を図ることが述べられているなか、たとえば、特許データと接合させることで、一般には、研究開発を実施している主要な大規模企業であれば特許活動も行っていることが推察されているが、民間企業全体におけるイノベーション活動と特許活動との関連について、統計的に明らかにすることを試みることである。また、国際プロジェクトについては、OECD事務局や関係各国の研究者・専門家と、適宜、情報交換等を進めつつ、研究内容の検討などにおいて貢献していく。

b . 国際的研究動向のレビュー

ここでは、国際共同プロジェクトのような形態で実施されている研究にとくに着目しながら、現在の主だった研究の動向をレビューしていく。

イノベーション指標に係る研究・調査活動を実施する研究者・専門家を擁する拠点の一つである UNU-MERIT: United Nations University Maastricht Economic and Social Research and Training Centre on Innovation and Technology (国際連合大学マーストリヒト技術・イノベーション関連経済・社会研究・訓練センター) は、欧州各国で実施されたイノベーション調査(第1回共同体イノベーション調査から第4回共同体イノベーション調査まで)のデータを用いた学術論文に関するデータベースを作成している。これによると、出版年で1994年の論文から所収されているが、2001年以降に年間の論文数が増加し始め、2007年1月末現在で、累積で177報に達するまでになっている [Arundel, 2007]。

このように、イノベーション調査のデータに基づいて研究は非常に活発になってきている。

OECDでは、現在、イノベーションのミクロ・データを政策分析や政策形成により活用していくために、国際共同プロジェクトとして、イノベーション・ミクロデータ・プロジェクトに着手している。これについては後述する。

政策分析に直結した活動としては、政策分析に容易に役立つような指標の開発とこれに基づく分析が行われている。とくに熱心に行われているのはEUであり、欧州委員会の DG Enterprise and Industry (企業・産業総局) の支援のもとで、TrendChart - Innovation Policy in Europe (トレンドチャート-欧州におけるイノベーション政策) の枠組の中で、新たな指標や合成指標の開発・分析などが行われている (<http://trendchart.cordis.lu/>)。

その一例としては、Arundel らによる「イノベーション・モード (innovation modes)」の提案がある [Arundel, 2004; Arundel and Hollanders, 2005]。これは、イノベーション調査の結果から、国別にイノベーション活動実施企業の割合が示され、単純に比較されていたが、その値が必ずしもそれぞれの国のイノベーションの状況を反映してはいないのではないかという疑問から始まったものであった。イノベーション調査が

ら得られている変数を単独でそのまま指標として用いるのではなく、イノベーション調査の複数の変数を組み合わせることによって、国ごとのイノベーション活動実施企業が、自らがプロダクトを開発して市場に初めて導入する者が多いのか、それとも他者で開発されたものを自社にとっての（まだあまり競争的でない自国の）市場に導入する者が多いのかなど（戦略的イノベーション実現企業(strategic innovators)、間歇的イノベーション実現企業(intermittent innovators)、技術修正企業(technology modifiers)、技術採用企業(technology adopters)の4種に区分している）イノベーションのための開発の状況から弁別して、国ごとの特徴を明らかにしようとする試みである。

欧州委員会では、すでにあるイノベーション調査等のデータを利用した指標の開発およびこれを利用した分析だけではなく、より長期的な見通しをもった指標を開発するための活動についても支援している。KEI: Knowledge Economy Indicators: Development of Innovative and Reliable Indicator Systems（知識経済指標：革新的かつ信頼可能な指標システムの開発）¹⁰¹が、まさにそのような例である。第6次フレームワーク・プログラムの枠組の中で、DG Research（欧州委員会研究総局）による支援によって、2004年から2007年にかけて進められているプロジェクトである。目的は、知識基盤経済にふさわしい指標の開発および改善である。欧州の研究・イノベーション関連の指標の開発に携わる主要な研究機関・大学等から構成されており、8つのwork programmesから構成されている。指標の対象となる国については、欧州30か国（EUメンバー27か国と他のEEA協定締結国（アイスランド、ノルウェー；ただし、リヒテンシュタインを除く）とスイス、それから、日本を含む6つの非欧州諸国（米国、インド、中国、オーストラリア、カナダ）となっている。

指標の開発だけではなく、イノベーション調査から得られたデータを用いた研究についても、各国で実施されている。

イノベーション調査を実施する機関（イノベーション調査の統計実施機関）が、科学技術政策研究所と同様の研究機関、あるいは研究・調査機関である場合、または、研究機能を内包する場合には、この機関の内部で、あるいはこの機関を中核として研究が実施されている。ドイツのZEW: Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH（欧州経済研究センター有限会社）や、フランスのSESSI: Service des Études et des Statistiques Industrielles（産業調査・統計局）やINSEE: Institut National de la Statistique et des Études Économiques（国立統計・経済調査所）は、そのような活動を行っている機関の例といえよう。

また、連合王国では、DTI: Department of Trade and Industry（貿易産業省）とONS: Office for National Statistics（全国統計庁）がイノベーション調査を実施しているが、DTIは、研究結果の公表を前提として、イノベーション調査のデータを用いた研究プロジェクトに対して助成を行っている¹⁰²。

学界においては、イノベーション調査のデータを用いた研究については、Crépon,

¹⁰¹ (<http://kei.publicstatistics.net/index.html>)

¹⁰² (<http://www.dti.gov.uk/innovation/innovation-statistics/cis/page10957.html>)

Duguet, . and Mairesse [1998]が大きなインパクトをもたらした。これは、イノベーション調査において質問によって対象が限定されていることを克服して、研究開発とイノベーションと生産性との相互関係について明らかにしようとする研究である。その後、これら著者らの名前をとって“CDM モデル”と呼ばれるモデルに基づく、あるいはこれを拡張した研究が盛んになっている。

すでに、その成果はいろいろと公表されており、最近でもこのモデルに基づく研究を含む一連の論文を特集した号（「知識駆動経済におけるイノベーションの実証研究 (Empirical Studies of Innovation in the Knowledge Driven Economy)」）も出されている（Hall and Mairesse [2006]）。また、Mohnen、Mairesse, and Dagenais [2006]のように、分析においては国際比較が必要であり、そのために、国際共同研究プロジェクトが起こされている。

北欧諸国では、IGNOREd: Innovation and Growth in the Nordic Economies（北欧経済におけるイノベーションと成長）¹⁰³と呼ばれる国際共同研究プロジェクトが進行している。これは、北欧の産業界のイノベーション能力および競争力の向上を図ることをめざして、北欧閣僚理事会のもとにある NICE: Nordisk InnovationsCenter（北欧イノベーション・センター）からの助成を受けているプロジェクトであり、北欧諸国・バルト諸国の研究者が参画している。指標の開発のほか、政策分析のための計量経済モデルの設計と応用、イノベーション活動の効果の評価、政策形成に活用するための分析結果の解釈と利用といった内容が含まれている。

OECD では、イノベーション調査のデータを政策分析や政策形成により役立てていくことを目的として、CSTP: Committee for Scientific and Technological Policy（科学技術政策委員会）のもとにある NESTI: Working Party of National Experts on Science and Technology Indicators（各国科学技術指標専門家ワーキング・パーティ）と、CIIE: Committee on Industry, Innovation and Entrepreneurship（産業・イノベーション・企業活動委員会）のもとにある SWIC: Working Party on Statistics（統計ワーキング・パーティ）という2つのワーキング・パーティ合同の国際共同プロジェクトとして、「イノベーション・ミクロデータ・プロジェクト」が設けられた。我が国を含む多くの OECD メンバー国が関心を示して、このプロジェクトに参画しており、2006 年 11 月に最初の会合が開催されて、実質的にプロジェクトが開催された。現在は、国際比較可能な基本的な指標を作成していくプロジェクトのほか、ミクロ・データを利用した分析を行っていくテーマとして、次の5つが設定されている：

- イノベーションと生産性との関係
- イノベーションと外国企業
- 国際技術移転のチャネル
- 技術的イノベーションと非技術的イノベーション
- イノベーションと知的財産権

そして、国際協働のもとで実施可能な分析モデルや分析のあり方についての検討が

¹⁰³ (<http://www.nifustep.no/norsk/innhold/prosjekter/ignored>)

メール・ベースで進められており、2007年3月には、その進捗と今後の進め方に関して議論を行うためのワークショップが開催されることになっている。このプロジェクトでも、上述の CDM モデルの拡張や、対象国を拡大してのモデルの頑健性の検討などが予定されている。

「全国イノベーション調査」のデータ等を用いた分析

「全国イノベーション調査」のデータ等を用いた分析も、引き続き行われている。

まず、イノベーション活動と研究開発活動および特許出願等の知的財産活動とは必ずしも一致するわけではないことから、イノベーション活動実施企業を対象にして、企業レベルでこれら相互の量的な関係について検討しているのが、伊地知[2006]である。

それから、「全国イノベーション調査」のデータでは、かなり細かいレベルで、経済活動（産業）別・企業規模別の情報を提供しているが、それでも、経済活動（産業）によっては、大括りすぎる場合がある。そこで、化学工業のなかでも、とくに医薬品産業だけに焦点を絞って、製造業、化学工業との対照とともに、我が国におけるこの経済活動（産業）におけるイノベーション活動の特徴を明らかにしているのが、伊地知・小田切[2006]である。

さらに、医薬品作業は、いわゆる“科学基盤型産業(science-based industry)”の一つであると考えられているが、「全国イノベーション調査」の対象としている製造業・サービス業全般について、経済活動（産業）別・企業規模別に、イノベーション活動の特徴から定義した「科学基盤型産業」がどのように分布しているのかを明らかにしているのが、伊地知[2007]である。

この他にも、本調査の中で、並行して検討・研究が進められているものもある。

このような研究や分析を進めていく上で、課題あるいは現時点での限界といったものについても考慮する必要がある。

一つは、「全国イノベーション調査」が、我が国における統計調査としては最初のものであったこともあり、不整合な回答が多数見られたため未公表の変数があることである。具体的には、イノベーション支出に関する変数は、CIS では、何度も継続して調査が実施されていることもあって、非回答あるいは不整合な回答の多さがこれまで課題として挙がっているが、それでも最近では有効なデータとして公表されているところが多い。そして、この変数は、計量経済モデルにおいては重要な変数の一つであるために、諸外国における研究や分析にはよく活用されているが、少なくとも、現段階では、我が国について、このような変数を必要とする研究や分析を行っていくことができない。この点については、次に実施する調査において、重要な変数の一つとしてできるだけ有効な回答が得られるように工夫していくべき点であろう。

また、他のミクロ・データとの接合も課題である。他方が公開データであれば、科学技術政策研究所内においては、原則的には問題がない。しかし、接合を検討する他方のデータも、「全国イノベーション調査」と同様に、回答者の名称など回答者を識別できる方法について機密が求められる場合には、原理的に困難が伴っている。この問

題の解決は、改正統計法下における状況に大きく依存していることから、注意深く関心をもっていく必要がある。

今後取り組むべき調査研究の課題

国際的にもイノベーション調査から得られているデータから政策への含意を抽出していくための活動について関心が寄せられている。

その点で、まずは、国際比較を真に可能にするような指標の開発や、そのような指標に沿ったデータの作成が必要であろう。現在、OECD のイノベーション・ミクロデータ・プロジェクトにおいては、EU メンバー国のデータは New Cronos から利用可能であることから非 EU の OECD メンバー国の参加が見込まれている、国際比較可能な単純指標・合成指標を開発していくサブ・プロジェクトへの貢献が重要であろう。

また、「全国イノベーション調査」のミクロ・データを用いた研究・分析については、利用可能な変数の中で貢献していくことが必要であろう。

(3) まとめ

測定

イノベーションに関連する指標について、この変数と経済成長や発展との関連が示唆されるなか、すでに欧州を中心にして CIS あるいはこれと比較可能な調査が継続的に実施されているように、我が国においても、引き続き継続して定期的に統計調査として実施していく必要がある。

とくに、経済的分析を行うには、イノベーション支出が重要な変数の一つとなっており、欧州での経験からもわかるように、調査の回数を重ねることで、より妥当で整合的なデータ（回答ならびにこれに基づく推計）が得られるように努力していく必要がある。

また、イノベーション調査だけではなく、イノベーション・システムに係るさまざまなプロセスに関する調査あるいはデータ収集が実施されている。これは、指標の開発や作成とも関わってくる課題であるが、まずは、データソースが補完的に活用できるように取り組んでいくことが必要であろう。さらに、イノベーション調査以外のデータソースに対しても、調査の中で設定される分類や調査上におかれる基準といったような、とくに調査およびデータ収集の方法論に関する点では、科学技術・イノベーション・システム全体の分析を行うことを見据えて、適宜、助言等を行っていくということも重要であろう。

指標開発

すでに、EU においては、イノベーション調査等のデータを用いて各国比較を行い、政策分析に活用する取組が行われている。また、OECD においても国際共同プロジェク

トの一部として着手されている。

政策分析のための指標の活用において、国際的なベンチマークは重要であり、我が国としても、このような取組を行うとともに、とくに、国際比較のためには互恵的な寄与が不可欠であり、OECD の活動に積極的に参画し、また EU における活動についてもできるかぎり協力していくべきであろう。とくに、EU のスコープにおける国際比較から示される日本の状況は、日本独自の政策分析とは異なる視点に基づくものであり、多元的な分析が頑健な政策の分析や形成に寄与することにつながるものと考えられる、また、アジアのいくつかの国・地域によっても同様な活動が生み出される基盤はあり、経済活動上ではすでに密接な関係があることを鑑みても、望ましい貢献を果たしていくべきであろう。

研究・分析

「全国イノベーション調査」からのデータは、我が国の企業におけるイノベーション活動の状況を定量的に示す重要な情報源であり、引き続きこれを活用することで、さまざまな局面でイノベーション・システムの特徴を明らかにしていくことが重要である。

また、イノベーション指標の政策分析の活用に際して、頑健な計量経済モデルを探るとともに、この結果を実際の分析にも活用していこうというのが、現在の国際的な取組の流れである。我が国としても、利用可能なデータのもとで、国際的な分析活動にも参画していくことが重要であろう。

参考文献

- ABS, 2005, Innovation in Australian Business - 8158.0 - 2005, ABS: Australian Bureau of Statistics, 17 February 2005.
- Anderson, F. and Schaan, S., 2006, "New directions for understanding innovation," paper presented at the Blue Sky II 2006 Forum.
- Arundel A., 2004, "The use of innovation support programmes by European SMEs: An analysis of the Innobarometer 2004 survey," TrendChart Statistical Papers Series, DG Enterprise, European Commission, December 2004.
- Arundel, A., 2006, "Innovation survey indicators: any progress since 1996?", , paper presented at the Blue Sky II Forum 2006.
- Arundel, A., 2007, "Policy, innovation and innovation surveys: R&D and the 'neglected' innovators," presentation at the 32nd CEIES seminar.
- Arundel, A. and Bordoy, C., 2006, "Developing internationally comparable indicators for the commercialisation of publicly-funded research," paper presented at the Blue Sky II 2006 Forum.
- Arundel, A. and Hollanders, H., 2005, "EXIS: An Exploratory Approach to

- Innovation Scoreboards,” European Trend Chart on Innovation Papers, DG Enterprise, European Commission, March 2005
- Arundel, A. and Lorenz, E., 2006, “Organisational forms and innovative performance,” paper presented at the Blue Sky II 2006 Forum.
- Arvanitis, S., von Arx, J., Hollenstein, H. und Sydow, N., 2004, Innovationsaktivitäten in der Schweizer Wirtschaft - Eine Analyse der Ergebnisse der Innovationserhebung 2002, Strukturberichterstattung Nr. 24, Staatssekretariat für Wirtschaft (seco), Bern, März 2004.
- Aschhoff, B., Doherr, T., Ebersberger, B., Peters, B., Rammer, C. und Schmidt, T., 2006, Innovation in Germany: Results of the German Innovation Survey 2005, ZEW: Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH, Mannheim, March 2006
- Bonaccorsi, A. and Daraio, C., 2006, “Micro-level indicators of knowledge production: The AQUAMETH project on European universities,” paper presented at the Blue Sky II 2006 Forum.
- Brown, L.D., Plewes, T.J., and Marisa A. Gerstein (eds.), Panel on Research and Development Statistics at the National Science Foundation, National Research Council, 2005, Measuring Research and Development Expenditures in the U.S. Economy, Washington, D.C.: The National Academies Press.
- Büscher, R., 2007, “The European Innovation Scoreboard: concepts and results,” presentation at the 32nd CEIES seminar.
- Carlson, L.T. and Mulrow, J., 2007, “Redesigning the U.S. Survey of industrial Research and Development: Implications for statistical data on innovation,” paper presented at the 32nd CEIES seminar.
- CFA, 2006, Innovation i Dansk Erhvervsliv: Innovationsstatistik 2002 -2004, CFA: Dansk Center for Forskningsanalyse.
- Cohen, W.M., Goto, A., Nagata, A., Nelson, R.R., Walsh, J.P., 2002, “R&D spillovers, patents and the incentives to innovate in Japan and the United States,” Research Policy, 31, 1349–1367.
- Cooper, R.S. and Merrill, S.A. (eds.), 1997, Industrial Research and Innovation Indicators: Report of a Workshop, Board on Science, Technology, and Economic Policy, National Research Council, Washington, D.C.: National Academy Press..
- Council on Competitiveness, 2005, Innovate America: National Innovation Initiative, Summit and Report.
- Crépon, B, Duguet, E. and Mairesse, J., 1998, “Research, innovation and productivity: an econometric analysis at the firm level,” Economics of Innovation and New Technology, 7, 115–158.
- Crowley, P., 2004, Innovation activity in the new Member States and Candidate Countries, Statistics in Focus, Science and Technology, 12/2004, Eurostat.
- DTI, 2006, Innovation in the UK: Indicators and Insights, DTI Occasional Paper,

- No. 6, DTI: Department of Trade and Industry, July 2006.
- European Commission, DG Enterprise and Industry, 2007, European Innovation Scoreboard 2006: Comparative Analysis of Innovation Performance.
- Eurostat, 2003, 21st CEIES seminar "Innovation statistics – more than R & D indicators," Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Eurostat, 2004, Innovation in Europe - Results for the EU, Iceland and Norway, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Fabling, R., 2006, "Just how innovative are New Zealand firms? Quantifying and relating organisational and marketing innovation to traditional STI indicators," paper presented at the Blue Sky II 2006 Forum.
- Freeman, C. and Soete, L., 2007, "Developing science, technology and innovation indicators: what we can learn from the past," UNU-MERIT Working Paper Series, #2007-001.
- Gault, F.(ed.), 2003, Understanding Innovation in Canadian Industry, Montreal: McGill-Queen's University Press.
- Gault, F., 2006, "Blue Sky II – What indicators for science and technology and innovation policies in the 21st century," summary remarks at the Blue Sky II Forum 2006.
- Gault, F., 2007, "How far and fast can we go?" paper presented at the 32nd CEIES seminar.
- Gertler, M.S. and Vinodrai, T., 2006, "Better by design? Capturing the role of design in innovation," paper presented at the Blue Sky II 2006 Forum.
- Goedhuys, M., 2005, "Innovation surveys and measurement of innovation activities," presentation at the Globelics Academy, 2nd edition, Lisbon.
- Hall, B.H. and Mairesse, J., 2006, "Empirical studies of innovation in the knowledge-driven economy," Economics of New Technology and Innovation, 15, 289-299.
- Hall, B.H. and Merrill, S.A. (eds.), Planning Committee for Workshop to Review Research and Development Statistics at the National Science Foundation, National Research Council, 2005, Research and Development Data Needs: Proceedings of a Workshop, Washington, D.C.: The National Academies Press.
- Hawkins, R., Langford, C.H. and Sidhu, K.S., 2006, "University research in an innovation society," paper presented at the Blue Sky II 2006 Forum.
- Ijichi, T., 2007, "Measuring non-technological innovation: experience from the Japanese Innovation Survey," paper presented at the 32nd CEIES seminar.
- Lambert, R., 2006, "Design as source and enabler of Innovation: new and improved indicators," paper presented at the Blue Sky II 2006 Forum.
- Levin, R.C., Klevorick, A.K., Nelson, R.R., Winter, S.G.; Gilbert, R.; Griliches, Z., 1987, "Appropriating the returns from industrial research and

- development,” Brookings Papers on Economic Activity, vol. 1987, no. 3, pp. 783-831.
- Marburger, J., 2006, keynote address at the Blue Sky II 2006 Forum.
- McDaniel, S., 2006, “Where science, technology and innovation indicators hit the road and roadblocks,” paper presented at the Blue Sky II 2006 Forum.
- Moldaschl, M.F., 2006, “Industrial reflexivity: An institutional approach to measure innovativeness of organisations,” paper presented at the Blue Sky II 2006 Forum.
- Mohnen, P., Mairesse, J., and Dagenais, M., 2006, “Innovativity: a comparison across seven European countries,” *Economics of New Technology and Innovation*, 15, 391-413.
- NSF, 2007, *Advancing Measures of Innovation: Knowledge Flows, Business Metrics, and Measurement Strategies*, NSF 07-306, January 2007.
- NSTDA, 2003, *Thailand’s Second R&D/Innovation Survey in Manufacturing Sector: 2002*, NSTDA: National Science and Technology Policy Committee Secretariat, National Science and Technology Development Agency.
- Nås, S.O., Knell, M., and Hauknes, J., 2006, “What is missing in the analysis of input-output relationships of innovation processes?”, paper presented at the Blue Sky II 2006 Forum.
- OECD, 1992, *OECD Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data – Oslo Manual*, Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- OECD, 2002, *Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development – Frascati Manual*, sixth edition, Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- OECD and Eurostat, 1997, *OECD Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data – Oslo Manual*, second edition, Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- OECD and Eurostat, 2005, *Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data – Oslo Manual*, third edition, Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- ONS, 2006, “First findings from the UK Innovation Survey, 2005,” *Economic Trends*, 628, pp. 58-64, , ONS: Office for National Statistics, March 2006.
- Perani, G., 2007, “The pros and cons of different forms of micro-data access,” paper presented at the 32nd CEIES seminar.
- RICYT, OAS and CYTED, 2001, *Standardisation of Indicators of Technological Innovation in Latin American and Caribbean Countries – Bogotá Manual*.
- SCB, 2006, *Innovationsverksamhet i Svenska Företag 2002-2004 (Innovation Activity in Swedish Enterprises 2002-2004)* , SCB: Statistiska centralbyrån (Statistics Sweden).

- Schmidt, T. and Rammer, C., 2006, "The determinants and effects of non-technological innovations," paper presented at the Blue Sky II 2006 Forum.
- SESSI, 2006, Un quart des entreprises innove : Souvent moyennes ou grandes, elles réalisent 60 % du chiffre d'affaires, Le 4 Pages, N° 222, SESSI : Service des Études et des Statistiques Industrielles, août 2006.
- Smith, K., 2005, Measuring Innovation, in Fagerberg, J., Mowery, D.C., and Nelson, R.R. (eds.), The Oxford Handbook of Innovation, Oxford: Oxford University Press.
- Statistics Canada (Science, Innovation and Electronic Information Division), 2002, Survey of Innovation 1999: Statistical Tables, Manufacturing Industries, Canada, December 2002.
- Statistics New Zealand, 2002, Innovation in New Zealand 2001, December 2002.
- Statistics New Zealand, 2004, Innovation in New Zealand 2003, July 2004.
- Statistics New Zealand, 2007, Innovation in New Zealand 2005, January 2007.
- Therrien, P., 2006, "Benefits from R&D investment in the Canadian federal government," paper presented at the Blue Sky II 2006 Forum.
- Wang, H.-T., Mu, T., Chen, L. K., Lin, T.-M., Chiang, C. M., Hsieh, H. N., Cheng, Y.-T. and Shia, B.-C., 2003, "A survey for technological innovation in Taiwan," Journal of Data Science, 1, 337-360.
- Wong, P. K., Kiese, M., Sing, A. and Wong, F., 2002, The Pattern of Innovation in Singapore's Manufacturing Sector, Centre for Entrepreneurship, National University of Singapore, Working Papers, WP2002-05, September 2002.
- Wong, P. K., Lee, L. and Foo, M.-D., 2005a, Technological Innovation Activities in Firms and Propensity of Individuals Starting New Businesses, NUS Entrepreneurship Centre, National University of Singapore, Working Papers, WP2005-07, January 2005.
- Wong, P. K., Lee, L. and Foo, M.-D., 2005b, Technological Innovation Activities in Firms and Propensity of Individuals Starting New Businesses, NUS Entrepreneurship Centre, National University of Singapore, Working Papers, WP2005-15, August 2005.
- Wong, P.K. and Lin, H.-Z., 2001, Innovation in Singapore's Manufacturing and KIBS Firms, Centre for Entrepreneurship and Business School, National University of Singapore, Working Papers, WP2001-08, October 2001.
- Wong, P. K. and Singh, A., 2005, From Technology Adopter to Innovator: The Dynamics of Change in Singapore's National Innovation System, NUS Entrepreneurship Centre, National University of Singapore, Working Papers, WP2005-16, August 2005.
- 伊地知寛博, 2006, 「日本の民間企業におけるイノベーション活動と特許活動-「全国イノベーション調査」の結果と特許データに基づく分析」, 研究・技術計画学会 第

- 21 回年次学術大会 講演要旨集 , pp. 135-138 , 仙台 , 東北大学 , 2006 年 10 月 21 日-22 日 .
- 伊地知寛博 , 2007 , 「日本企業全体のイノベーション活動の現況と特徴 : 統計調査データからの所見と科学基盤型産業に関する示唆」 , 技術革新型企業創生プロジェクト・ディスカッション・ペーパー , #07-09 , 2007 年 2 月 .
- 伊地知寛博・岩佐朋子・小田切宏之・計良秀美・古賀款久・後藤 晃・俵 裕治・永田晃也 , 平野千博 , 2004 , 『全国イノベーション調査統計報告』 , 調査資料 - 110 , 文部科学省科学技術政策研究所 , 2004 年 12 月 .
- 伊地知寛博・小田切宏之 , 2006 , 「全国イノベーション調査による医薬品産業の比較分析」 , Discussion Paper , No. 43 , 文部科学省科学技術政策研究所 , 2006 年 11 月 .
- 신태영・송위진・엄미정・이정열 , 2002 , 2002 년도 한국의 기술혁신조사 : 제조업(2002 年度韓國技術革新調査 : 製造業(Korean Innovation Survey 2002: Manufacturing Sector)) , 정책연구 (政策研究) , 2002 -11 , 과학기술정책연구원 (科學技術政策研究院) , 2002 年 12 月 .
- 엄미정・최지선・신태영・송위진・이정열 , 2004 , 2003 년도 한국의 기술혁신조사 : 서비스부문(2003 年度韓國技術革新調査 : 서비스部門(Korean Innovation Survey 2003 : Service Sector)) , 정책연구 (政策研究) , 2004 -01 , 과학기술정책연구원 (科學技術政策研究院) , 2004 年 7 月 .
- 엄미정・최지선・이정열 , 2005 , 2005 년도 한국의 기술혁신조사 : 제조업 부문 (2005 年度韓國의技術革新調査 : 製造業(Korean Innovation Survey 2005: Manufacturing Sector)) , 조사연구 (調査研究) , 2005 -05 , 과학기술정책연구원 (科學技術政策研究院) , 2005 年 12 月 .
- 行政院國家科學委員會 , 2003 , 台灣地區技術創新調查二〇〇三研究報告 , 行政院國家科學委員會 .
- (CSRS) , 2005 , : 2004(Innovation in Figures: 2004) , Moscow: () (CSRS (Centre for Science Research and Statistics)).

2.3.3 イノベーション関連指標の統合的利用

【鈴木 潤（芝浦工業大学 大学院工学マネジメント研究科 教授）】

（１）イノベーション測定に関する先行研究の概要、研究の動向

これまでにイノベーションをテーマとして取り上げ、いくつかの指標を組み合わせで定量的な評価を行なった研究は無数に存在し、ここでそれらを包括的にレビューすることはあまり現実的でない。本節では、特に、様々なイノベーション関連指標を統合的に利用しようとする継続的な活動や最近の注目されるプロジェクトに焦点を当ててレビューを行なう。とりわけ、米国における状況と OECD の活動は、国際的に見ても先進的でかつ大きな影響力を有しているため、これらをレビューの中心とする。

米国では、全米科学財団（NSF）が、1950 に設立された直後から科学技術関連の統計調査を開始しており、1970 年に初めての試みとして“Science Indicators”を発刊した。その後、このレポートは 1987 年に“Science and Engineering Indicators(SEI)”へと名称を変更し、現在まで 1 年おき（偶数年）に発刊されている。NSF では上記の SEI 以外にも、Division of Science Resources Statistics (SRS)が“Science and Engineering Statistics”として統合的なデータベースを提供しており、例えば、“IRIS (Industrial Research and Development Information System)”では NSF が 1953 年から 1998 年まで産業界の R&D 活動をサーベイしたデータが、また、“SESTAT (Science and Engineers Statistical Data System)”では科学技術人材に関するデータがまとめて提供されている。米国では、NSF の統計調査以外に、Yale Survey（イノベーション・サーベイ：イノベーションの専有可能性と技術機会の実態に関する質問票調査）が 1987 年に実施された。この Yale Survey は 1994 年に Carnegie Mellon 大学のメンバーによる Yale Survey へと発展し、日本や欧州でも同様のフレームワークでサーベイが行なわれている。

経済協力開発機構（OECD）は、前身である OEEC の時代から積極的に科学技術指標の策定に取り組んできた。これは、OECD の目的である「経済成長の促進」を達成するために科学技術の振興が不可欠であるとの認識から、加盟国間の科学技術・イノベーション活動を比較可能な形で計測しようとする発想が元になっている。日本が OECD に加盟したのは 1964 年であるが、その前年には既に、科学技術指標の開発に不可欠な統計調査方法や概念の定義を統一するために「フラスカティ・マニュアル」が公表され、順次その他の科学技術活動（イノベーション、パテント、人的資源等）の国際的な指針作りも進められている。OECD による代表的な科学技術関連指標のレポートは“Science, Technology and Industry Scoreboard”として、1995 年以降、奇数年に刊行されている。OECD では上記の Yale Survey の質問フレームワークを発展させ、国際的に比較可能なイノベーション・サーベイを実施するために Oslo Manual を作成し 1992 年に公開した。EU ではこのマニュアルに従って Community Innovation Survey (CIS) が 4 年ごとに実施されている（1993 年、1997 年、2001 年、2005 年）。

2006 年には、イノベーション関連指標の統合的利用に関して、相互に関係を持つ国際的に重要な動きが 3 つあった。米国のいわゆる「マーバーガー・イニシアティブ」を受けて 6 月 6 日～7 日に NSF 本部で開催されたワークショップ“Advancing Measures of Innovation”と、7 月 12 日にヘルシンキで開催された OECD Global Science Forum (GSF) 主催のワークショップ“Workshop on Science of Science Policy: Developing our Understanding of Public Investments in Science”、そして 9 月 25 日～27 日にオタワで開催された OECD Working Party of National Experts on Science and Technology Indicators (NESTI) 主催の“Blue Sky ” フォーラムである。いずれの会議においても、イノベーション関連指標の統合的利用とミクロ・レベル・データの収集・活用は中心的話題の一つであり、この種の研究テーマに関する関心と期待が、世界的なレベルで高まりを見せているものと考えられる。OECD GSF 主催のワークショップに関しては政策研ニュース No.214 で、また NESTI 主催の“Blue Sky ” フォーラムに関しては政策研ニュース No.217 で、いずれも富澤氏が参加報告を行っているので、以下では NSF のワークショップ・レポート (NSF 07-306) を基に関連する知見をまとめる。

(2) 先行研究のサーベイから得られた知見

ワークショップの概要

NSF の Division of Science Resources Statistics が主催したワークショップ“Advancing Measures of Innovation: Knowledge Flows, Business Metrics, and Measurement Strategies”は、研究者と政府統計の関係者を集め、これまであまり知られていない統計データの活用や、新たなデータの開発、その優先度、開発方法などに関する議論が行われた。ワークショップでは、以下の 2 つの主題が提示された。すなわち、

- どのような指標が最も喫緊に必要なか、あるいは即座に利用可能か
- それらの重要指標を得るためにはどのような統計あるいは研究活動が適切か

ワークショップでは、これらの主題に関する回答のコンセンサスが形成されるには至らなかったものの、参加者はイノベーションのプロセスやインプット/アウトプット/アウトカムに関する継続的な研究推進の必要性を明らかにした。しかし一方、現状では様々な制約によってこれらの研究が阻害されているという点について、強い不満が存在することが明らかとなった。指摘された主な制約は、データの不完全さ、既存データの未活用、既存データ間の接続の未熟さあるいは統合的利用の不完全さ、等である。

ワークショップの参加者たちは、イノベーションの理解を深めるためにより一層の注意を払われるべき、あるいは統合的に利用されるべきいくつかのデータについて議論した。例えば、科学者や技術者の雇用や流動性に関するデータ、国際的な経済活動に関するデータ、産学連携のデータ、産業界や企業によって集められている各種のデータなどである。さらに、イノベーションに関心を持つ研究者と政府統計部門、政策

担当者たちの間の共同作業を促進すると同時に、研究者とイノベータ（個人および企業）間の協力関係をも促進する必要性が強調された。

ワークショップでは、データ開発のアプローチに関する複数の戦略が議論された。すなわち、サーベイ・ベースの方法、既存データの接合や統合、行政目的データのマイニング、ケース・スタディや定性的データの利用などである。ワークショップ参加者の認識は、多様なアプローチを幅広く並行的に実施していくことが必要で、また生産的であるというものであり、今の段階で特定のアプローチにプライオリティを置くことは避けるべきであるとされた。

研究課題について

イノベーションに関する研究は、イノベーションの源やそのメカニズム、イノベーションが与える影響、技術の変化との関係などを理解することを目的としている。そのため、インプット（イノベーション人材と彼らの受けたトレーニング、物理的・金銭的なリソース、それらの時系列変化）と中間産物（知識のスピルオーバーやリサーチ・ツール）、アウトプット（科学論文や特許など）、アウトカム（生産性や所得、社会的厚生向上など）に関する理解を進める必要がある。公共政策としての基本目的に則って考えるなら、イノベーションから生じるスピルオーバー（経済学的な観点からは「私的収益を超える社会的収益」と定義される）に関する研究が最も重要であろう。

ワークショップにおける議論の一部は、イノベーションプロセスの異なるステージにおいて何が起きているのかの理解を進めることに焦点が当てられた。これに関する多くの研究課題および政策課題が、less aggregated level データ（事業別などのサブミクロ・レベルのデータ）を必要としている。ただし、研究の目的や対象により必要なデータは異なっており、どのようなレベルで何を測るのか、どのようにして、どのくらいの頻度で測るのか、そしてどのような視点で何と比較するのかなど、コンセンサスを形成することは難しい。

ワークショップにおいて議論された主な研究課題は、以下のようなものである：

- オープンもしくは協働イノベーションは現実にかんりのレベルで生じつつあり、それに伴う新たな組織形態が顕在化しつつあるのか？
- 既存企業と新規参入企業のどちらが急進的なプロダクト・イノベーションをもたらすのか？
- 大学のライセンシング活動を増加させているものは何か？
- 大学から産業界への知識のスピルオーバーはどの程度あるのか？
- 企業が R&D に投資する動機は何か？
- どのような種類の事業が先進的テクノロジーを採用するのか？
- 米国の企業はどの程度 R&D 活動を海外へ移し、そして外国企業はどの程度米国へ R&D 活動を移しているのか？
- どのような因子が多国籍企業による母国外での R&D 活動に影響を及ぼすのか？

- なぜ、共同研究の試みのうちあるものは成功しあるものは失敗するのか？
- リサーチパークに立地する企業は、そうでないものよりも研究成果をあげているのか？リサーチパークのタイプによりその成果は異なるのか？

イノベーションの理論について

ワークショップにおける主たる議論はデータに対するニーズに関するものであったが、新たなモデルや改良型モデル、理論、概念的フレームワークなどに対するニーズも確認された。これらは、データを解釈し、政策担当者が取り得る政策の示唆を与えるために重要であり、またどのようなデータを集めるべきかを考えるためにも重要である。モデルに関しては、「一般均衡モデル」に加えて“ロジック・モデル”のアプローチの有用性が議論された。ロジック・モデルは、キーとなる研究課題を明らかにすることに役立ち、政策担当者にとって研究成果を理解する助けともなるだろう。

研究対象となる政策課題の例

イノベーション研究の成果を政策に結びつけるためには、そもそも政策担当者がどのような事に興味があるのかを研究者が理解する必要がある。ワークショップで例として議論された政策上の疑問は、以下のようなものである：

- 他国で生じているイノベーションは、米国の経済競争力維持にとって脅威であるのか？
- 米国で教育を受けた外国の科学者や技術者が、再び母国に帰る例はどの程度あり、それはどのような影響を及ぼしているのか？
- ナノテクノロジーを米国の様々な地域で育てるためにはどうすればよいのか？
- 世界的な R&D のフローは何を示唆しているのか？それは強化されるべきか抑制されるべきか？
- 研究開発優遇税制は、企業が実施する R&D のレベルにどのような影響を与えているのか？
- 製造業と非製造業の R&D 活動の違いをどのように測ればよいのか？
- 米国と外国のイノベーションは、代替的關係にあるのか補完的關係にあるのか？

現状では政策担当者とイノベーション研究コミュニティ間の連携が極めて限られており、イノベーションに関する研究の成果は着実に増加しつつあるにもかかわらず、それらのほとんどは政策立案に活かされていない。この典型的な例としては、研究活動のジョイント・ベンチャーやサイエンス・パークに関する政策などがあげられる。このように、システムティックな研究成果の活用システムが存在しないため、公共政策の多くは「通説」に基づいて立案されている。そして、イノベーション研究の成果は、しばしばそれらの「通説」が誤りであることを明らかにしている。

研究としての独立性と客観性を保ちつつ、イノベーションに関する研究コミュニティと政策担当者との情報交換を改善することは大きな課題である。

(3) イノベーション測定に向けた課題、今後の方向性

科学技術研究調査と企業活動基本調査、特許データの接続に関するプレサーベイから、以下に示すようないくつかの問題点が明らかとなった¹⁰⁴。

分類カテゴリーの統一

a. ミクロレベル・サブミクロレベルの分類カテゴリー

イノベーション関連の指標においては、経済主体（企業など）自体の分類と、その経済主体の活動（科学・技術的活動、事業活動など）の分類など、様々な分類カテゴリーが用いられる。複数のデータを接合して利用するためには、これらの分類カテゴリーを統一できるものについては統一し、また関連のあるものについてはその関連性を明らかにする必要がある。

現在、指定統計における産業分類については、日本標準産業分類の利用が義務付けられている。今回、調査の対象とした科学技術研究調査と企業活動基本調査、特許データのうち科学技術研究調査と企業活動基本調査の個票については、調査客体である企業の格付けが日本標準産業分類に従って付与されている。科学技術研究調査については、2002年（平成14年）の調査より悉皆調査およびサンプリング調査のための名簿作成に「事業所・企業統計調査」の名簿が利用されるようになった。平成14年の調査には、平成13年の事業所・企業統計調査結果の名簿が利用されている。このため、平成14年以降のデータには事業所・企業統計調査における「企業コード」が含まれており、事業所・企業統計調査とのリンクを取ることが可能となった。一方、平成13年まで含まれていた調査客体の産業分類は、平成14年からは省略されている（事業所・企業統計調査を参照すれば判るため）。企業活動基本調査についても、名簿作成のために事業所・企業統計調査の名簿が利用されている。このように、経済主体が企業である場合には、その分類は日本標準産業分類によって統一的に扱うことが可能であると考えられる。日本標準産業分類（JSIC）と国際標準産業分類（ISIC）、北米産業分類システム（NAICS）、EC標準産業分類（NACE）とのコード対応表は、総務省統計局や国際連合統計部から提供されている。

<http://www.stat.go.jp/index/seido/sangyo/6.htm>

<http://unstats.un.org/unsd/class/family/historical/isic/default.htm>

なお、日本標準産業分類の改定に関する問題と、企業格付けの基準については後述

¹⁰⁴ 参考：平成18年度経済産業省委託調査・産業技術調査事業『イノベーション・データベースの構築に関する調査事業』

する。

一方、イノベーション関連の活動に係るインプット/アウトプット/インパクトの指標として利用可能な既存の「サブミクロ・レベル」データの多くは、様々な単位やカテゴリーで集計され公開されている。例えば、工業統計表や企業活動基本調査、科学技術研究調査などは、上記のように日本標準産業分類に従って調査客体としての企業を分類（格付け）するとともに、各企業の事業分野や技術分野については一部独自に細分化や統合化を行って、分野別に売上げや研究開発費を収集している。また、上場企業の有価証券報告書を情報ソースとする企業財務データについては、政策投資銀行が継続的に収集してきたものが（財）日本経済研究所から提供されているが、ここでは企業の格付けに政策投資銀行独自の業種分類が使用されている。さらに、特許データや学術論文データなどのように、産業分類にもとづいた集計が行われず、国際特許分類や科学分野の各種分類が付与されているものもある。これらのデータを統合的に活用していくためには、産業分類や技術分類、科学分類などの間の対応関係を示す「コンコダンス・テーブル」を構築する必要がある。「コンコダンス・テーブル」は、例えば新旧の日本標準産業分類のコード間の対応関係や、第7版と第8版の国際特許分類（IPC）コード間の対応関係など、同種の分類の世代間の対応関係を表現する際にも用いられるが、ここでは主として異なる分類間のコードの対応関係を示す用語として用いる。

例えば、科学技術研究調査で用いられている分類には、以下のようなものがある

- 調査客体（企業）の ID： 科学コード
- 調査客体（企業）の分類： 日本標準産業分類（JSIC）・3桁レベル
- 性格別研究費の分類： 基礎研究・応用研究・開発研究（3種類）
- 特定目的別研究費の分類： ライフサイエンス・情報通信・ナノテクなど（8種類）
- 内部使用研究費の費目分類： 人件費・原材料費・有形固定資産など（9種類）
- 研究費使用分野の分類： 製品・サービス分野（31種類）
- 一方、企業活動基本調査で用いられている分類には、以下のようなものがある
- 調査客体（企業）の ID： 永久企業コード（METI 付与）
- 調査客体（企業）の分類： 日本標準産業分類（JSIC）
- 出荷品目の分類： 製造品目分類（6桁：産業分類4桁+細分類2桁）

また、特許で用いられている分類には、以下のようなものがある

- 経済主体（企業）の ID： 出願人コード（不完全）
- 経済主体（企業）の分類： 国県コード（不完全）
- 技術分類： 国際特許分類（IPC）、FI（検索 IPC）、Fターム

上記のうち、特に対応関係を整理する必要があるのは、

- 研究費使用分野の分類（科学技術研究調査）

- 出荷品目の分類（企業活動基本調査）
- 国際特許分類（特許）

の間の関係である。このうち、1 と 2 はいずれも日本標準産業分類に近く、基本的には 2 をアグリゲートすることによって 1 との対応をつけることが可能であると考えられる。一方、1/2 と 3 の関係については、これまでも様々なアプローチで対応関係を明らかにしようとする努力が行なわれてきた。以下、代表的なコンコーダンス・テーブルについて、その概要と特徴を述べる。

b . コンコーダンス・テーブル

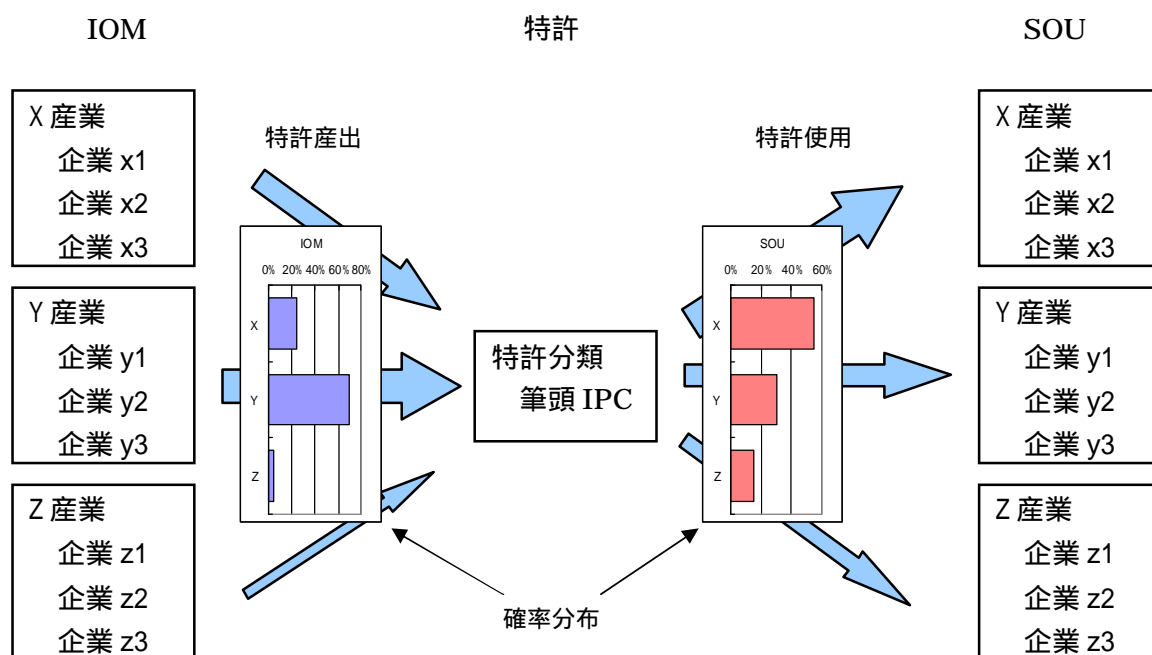
これまでに作成された代表的なコンコーダンス・テーブルとしては、以下のものがあげられる。

- Yale concordance (YTC)
- OECD technology concordance (OTC)
- MERIT concordance (MTC)
- FOS concordance (FOSC)

これらはその作成スキームから、YTC/OTC と MTC/FOSC の 2 グループに大きく分けられる。

YTC と OTC は、いずれもカナダの特許庁が個別特許に付与していた IOM と SOU という産業分類をデータソースとしている。IOM とは Industry of manufacture (economic sector responsible for creation of the patented technology)の略であり、SOU とは Sector of use (economic sector responsible for first use of the patented technology)の略である。つまり、IOM の XYZ・・・産業に属する企業がある IPC の特許(筆頭 IPC のみを考慮)を産出し、その特許を SOU の XYZ・・・産業に属する企業が使用する、というモデルを前提としている (図表 2.3.3.1)。

図表 2.3.3.1 IOM と SOU の接続に関する概念モデル



YTC と OTC では、このような特許と産業分類との関係は確率分布で与えられるが、その確率分布はカナダの特許庁が付与した IOM と SOU を集計して統計的に導き出すというアプローチが採用された。YTC と OTC の違いは、産業分類として SIC を使用している (YTC) か ISIC を使用している (OTC) かという点にあり、本質的には同じものである。これらは R.E.Evenson (Yale 大学)、S.Kortum (Minnesota 大学)、J.Putnam (Toronto 大学) によって着想・開発され、D.K.N.Johnson (Wellesley 大学) によって更新されている。

YTC と OTC で採用されたアプローチは、上述のように、カナダの審査官が暗黙知として蓄積した技術分類と産業分類の関係を信頼し、それを統計的に集計することによって信頼性を高めたものであるといえる。IOM と SOU を付与したカナダの審査官は、入庁前に科学者・技術者として教育を受け、また、入庁後はカナダ産業省・カナダ統計局で訓練を積んでいたため、IOM と SOU の付与精度はかなり高いとされている。このアプローチは、原則として特許出願企業の産業分類とは無関係であるため、企業という組織の格付け (産業分類) に付随する不確実性には影響されない。また、特許出願時の企業名称の表記ゆれや親会社 / 子会社の関係など、企業組織を特定する際の問題とも無縁である。一方、これらはカナダの審査官の暗黙知をベースとしており、それらがカナダの産業構造や特許性向からある程度のバイアスを受けているであろう事が指摘されている。時期的に見ても既に 10 年以上前の特許であることも考慮する必要がある。さらに、IOM と SOU が付与されていた期間は、カナダではサービス産業 (教育機関や公的機関等を含む) における役務提供には特許性がないという審査方針が採

用されていたため、これらのセクターには IOM は付与されず、SOU のみが付与されていたことにも注意が必要である。

YTC / OTC タイプのコンコードانس・テーブルを作成するスキームとしては、IOM や SOU の情報を利用する以外にも、特許権利者あるいは出願人を特定し、その企業に付与されている産業格付け（産業分類）を信頼することによって、統計的に集計するというアプローチが考えられる。この場合には、特定企業を特定の産業へと分類する統計作成手法（「工業統計調査」と「事業所・企業統計調査」による産業格付けの違いについては後述）および調査票への記入者の暗黙知をベースとしていることになる。

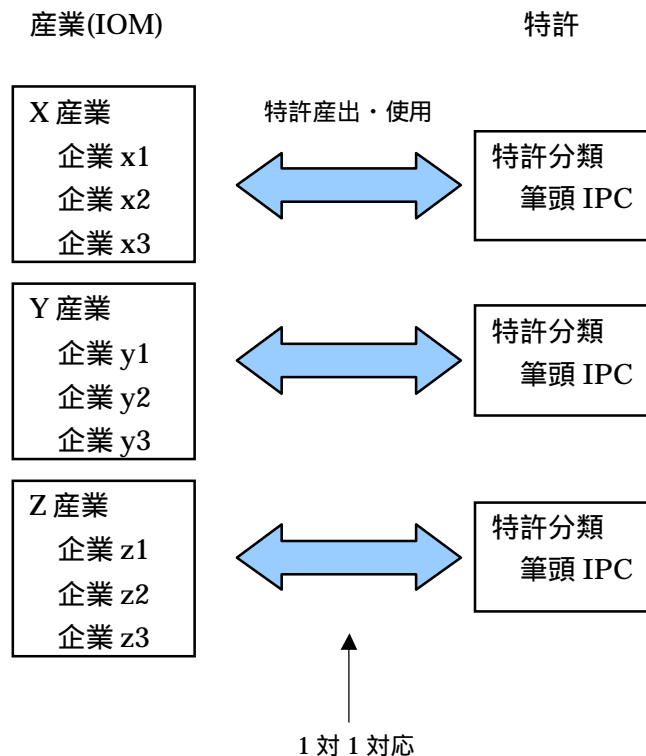
MTC は MERIT (Maastricht Economic Research Institute on Innovation and Technology) の Bart Verspagen らによって 1994 年に開発されたもので、625 の IPC サブクラスをそれぞれ 1 つ以上の産業分類（22 種類）に大雑把な確率（5～10%刻み）で関連付けたものである。Verspagen らはフィンランドの統計局によって作成された同様のコンコードانس・テーブルを参照しながら、産業技術の専門家が有する暗黙知によって MTC を作成したとされている。与えられているパーセントはあくまでも大雑把なものであり、その定量的な根拠は明らかでない。

FOSC は、欧州の三機関 Fraunhofer ISI (Fraunhofer Institut Systemtechnik und Innovationsforschung: 独)、OST (Observatoire des Sciences et des Techniques: 仏)、SPRU (Science & Technology Policy Research of Sussex Univ.: 英) が EC から委託を受けて共同で作成したものである。FOSC では、NACE 及び ISIC における産業分類の中から、化学・機械・電気等の製造業について重要な 44 の産業を選択し、各産業が生産している製品の特徴を基に、Fraunhofer ISI の技術専門家が上記の産業分類へ 625 個の IPC サブクラスを分類していった。この場合も、MTC と同様に技術の専門家の暗黙知に基づいて技術分類と産業分類が対応付けられていることになる。MTC と異なる点は、ある IPC サブクラスが複数の産業と関係することが明らかな場合であっても、一種類の産業のみに対応付けられていることである。まれに一種類の分類のみに対応付けることが困難な場合もあったが、その際には出願企業が所属する産業を Dunn & Branstreet Database によって調査し、統計的に最も適切な産業に対応付けを行なった。

サービス業もイノベーションにおいて重要な役割を果たすものの、FOSC では製造業のみが対象とされている。これは、サービス業に属する企業の特許活動全体における相対的な比率が 3 % 程度しかない等が理由とされている。ただし、調査研究を行なう企業やソフトウェア企業等、一部のサービス産業については、その商品の性質を考慮し、製造業へ分類されている（そのため、産業分類作成には様々な試行錯誤を経て、設定するに至っている。）

MTC / FOSC タイプのコンコードانس・テーブルは、IOM と SOU を区別していない。これらはその作成スキームから見て、どちらかといえば IOM としての産業との対応付けを重視したコンコードانس・テーブルであると言える。図表 2.3.3.2 に、FOSC のモデルを示す。

図表 2.3.3.2 FOSC モデル



データのパネル化（個別組織 ID と時系列方向の接続）

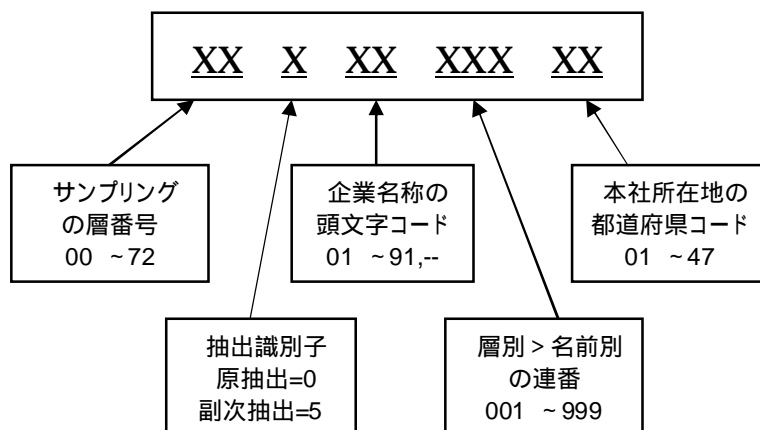
サブミクロ・レベルのイノベーション関連指標を統合的に利用するためには、前提として個別データがパネル化されている必要がある。しかし、経済主体（企業）の同定と、同一経済主体の時系列方向の接続が可能でなければ、そもそも個別データをパネル化することができない。一般に公的統計は、従来は産業分類などに基づいてある程度アグリゲートした単位での利用を前提とした運用が行われており、個別経済主体単位でのパネル化の必要性はほとんど意識されていなかった。このため、企業 ID として長期間利用可能なコードを利用し、接続することが可能かどうかを調べる必要がある。

a . 科学技術研究調査について

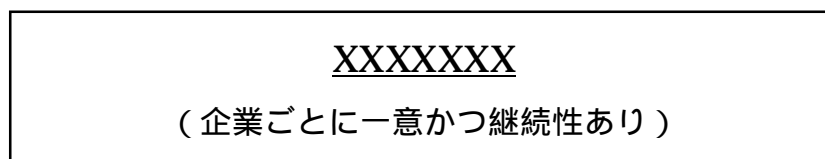
科学技術研究調査については、「科学コード」と呼ばれる調査客体ごとに一意に付与されたコードが個別レコードの先頭付近に存在する。この科学コードは、1984 年調査～2002 年の調査データと 2002 年以降の調査データではその構造が大きく異なっているが、2002 年データでは、新旧の科学コード両方が付与されており、対応を付けることが可能である（図表 2.3.3.3）。

図表 2.3.3.3 科学コードの概要

旧科学コード（10桁の数字）：2002 年まで付与



新科学コード（7桁の数字）：2002 年以降付与



これらのコードを用いて同一企業を時系列方向に接続するためには、コードの継続性が問題となる。旧科学コードについては、企業そのものの継続性に問題（M&A や廃業など）がなくとも、コードの構造からみて、企業カテゴリー（資本金階層・産業）の変化、企業名称の変更、本社所在地の変更、があった場合には継続性が失われてしまう。新科学コードについては、企業が継続している場合には原則として同じコードが用いられている。

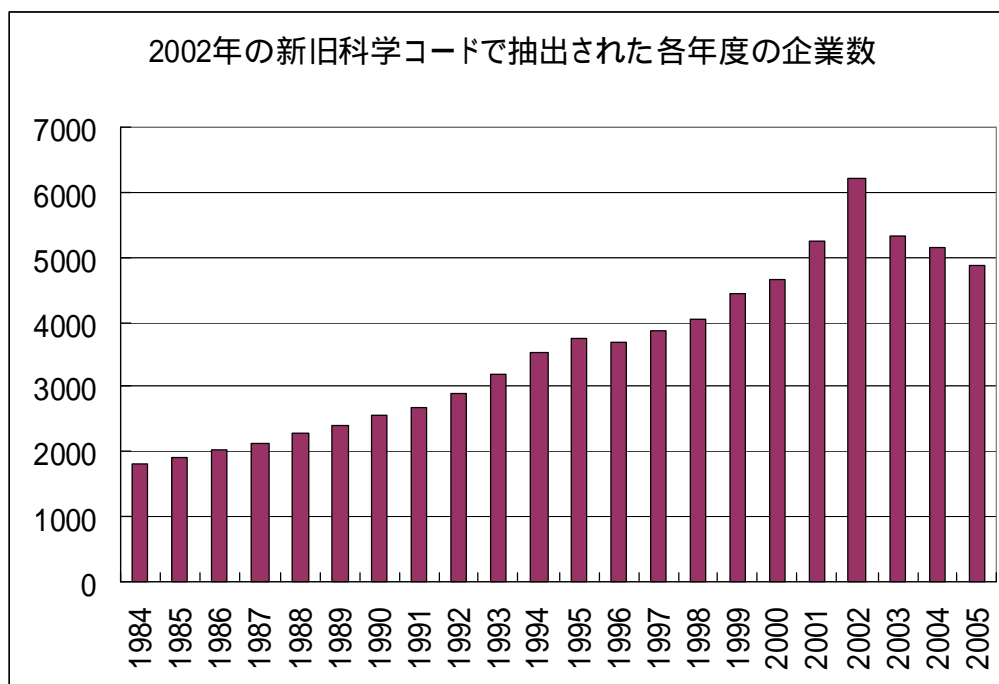
科学コードの継続性について、「企業等 A」区分の調査客体（下記）を対象として簡単な調査を行った結果を下図に示す。これは、2002 年調査のデータに付与されている旧科学コードと同一のコードを持つ調査客体が 1984 年～2001 年のデータに何件存在するか、および 2002 年の新科学コードと同一のコードを持つ調査客体が 2003 年～2005 年のデータに何件存在するかを集計したものである。

この結果から見て、科学コードは平均して 1 年間に 6.2%程度が入れ替わっているものと考えられる（2002 年の前後の不連続性が特異的に高いのは、「企業等 A」に一部分含まれている抽出調査対象企業の影響であると考えられる）。

図表 2.3.3.4 新旧科学コードで抽出された企業数の推移

科学技術研究調査における「企業等 A」区分の定義（2005 年調査）

- 資本金 10 億円以上： しつ皆 4,303 社
- 前年研究有 + 資本金 1 億円以上： しつ皆 1,856 社
- 前年研究無 + 資本金 1 億～10 億： 抽出（38 産業区分） 1,774 社
- 独立行政法人、特殊法人： しつ皆 12 法人



b . 工業統計調査と企業活動基本調査について

工業統計調査のデータのパネル化については、新保らが詳しい検討を行っているの
で、ここにその概要を示す¹⁰⁵。

工業統計調査は、日本標準産業分類における大分類“F - 製造業”に属する事業所（国
に属する事業所を除く）を業種別・従業者規模別・地域別等に、従業者数や製造品出
荷額等を把握するため、指定統計第 10 号として実施されているいわゆる「経済センサ
ス」の一つである。1981 年調査からは、予算的な制約から西暦末尾 0, 3, 5, 8 の年
は全数調査、それ以外の年は従業者 1～3 人規模以下の事業所については特定業種につ
いてのみ調査するいわゆる裾切調査(Cut off 調査)が導入された。最終的な確報は、
財務省印刷局から「工業統計表」として各編（産業編、品目編、用地・用水編、工業
地区編、企業統計編）が刊行されている。

工業統計調査における企業単位での調査としては、個々の事業所（工場）を統括す

¹⁰⁵ 新保一成ほか、工業統計パネルデータの作成 - 産業構造データベースの一環として - RIETI Policy Discussion Paper Series 05-P-001、2005 年、経済産業研究所

る本社・本店のみを対象（一定規模以上）とした丙調査（「本社本店調査」）が 1956 年から開始されたが、この丙調査は 1984 年調査をもって廃止された。代わって、1987 年と 1989 年には、製造企業を対象とした「多角化等調査」が丙調査として新たに実施されたが、この丙調査も 1992 年に「企業活動基本調査」の創設に伴って廃止された。工業統計表の「企業統計編」は、1998 年調査からは従業者 4 人以上の事業所に集計対象範囲を拡大しているが、それ以前は従業者 20 人以上の事業所について、企業単位に組み替えて再集計したものである。なお、1984 年の丙調査（本社本店調査）の廃止に伴い、従来加えられていた本社本店の従業者数はこの「企業統計編」のデータには加算されていない。また、この企業統計編は、過去「企業編」として刊行されていたが、企業活動基本調査の創設に伴い「企業統計編」に名称が変更されているほか、丙調査（本社本店調査）結果を使った再集計から甲・乙調査結果のみによる再集計方式に変更されている。

工業統計調査において個々の事業所を識別するキー項目は、個々の事業所がどの地域（都道府県・市区町村・基本調査区からなる地域コード）の、どの産業（4 桁の分類からなる産業コード）の、どの従業者数規模階級（従業者規模コード）に属しているか、を識別する項目である。工業統計調査は、行政区域いわゆる市区町村単位で調査が行われるため、事業所番号は市区町村一連番号で設定されている。

経済産業省（経済産業政策局調査統計部）では、原則として西暦末尾の 0、5 年をベースに翌年の調査で「工業調査事業所番号」の設定替えを行い、その後 5 年間は原則として変更せず使用している。しかし、事業所番号設定後に事業所の廃業や移転（他の都道府県や市区町村への移動）、他産業への転業により対象外となる事業所が発生するが、それら事業所の番号は欠番処理を行い、新設事業所（新規事業所の他、他地域からの転入、他産業からの転業の事業所も含む）は最終事業所の次の番号から追加される。このほか、市区町村の合併や政令都市の出現などによって市区町村の行政区域が変更になると、それに伴って事業所番号の設定替え等が行われる。新保らは 5 年ごとに付け替えられてきた「工業調査事業所番号」の対応表を作成し、1980 年代以降については原則として接続に成功したことを報告している。

企業活動基本調査は、上記の工業統計調査丙調査の後を受ける形で 1991 年に開始され、1994 年以降毎年実施されている。調査対象企業は、従業員 50 人以上かつ資本金または出資金 3000 万円以上の企業であり、調査項目としては、部門別の従業者数や 3 桁レベルの品目別売上高、輸出・輸入の状況、企業間取引状況、子会社・関連会社の保有状況など、財務情報以外の企業活動についても詳細に捉えられるようになっている。また、調査対象となる企業は製造業だけでなく、卸・小売業やサービス業なども含まれている。企業活動基本調査データのパネル化については、松浦らが詳しい検討を行っている¹⁰⁶。

¹⁰⁶ 松浦寿幸、清田耕造、『企業活動基本調査』パネルデータの作成・利用について：経済分析への応用とデータ整備の課題、RIETI Policy Discussion Paper Series 04 P-004、2004 年、経済産業研究所

松浦らは、企業活動基本調査データのパネル化にあたって、個別調査客体を一意に識別するための独自のコード「永久企業番号」を付与した。各企業を永久企業番号で時系列に接続し、前年度のサンプルと比較すると、毎年 10%程度の企業がサンプルから消滅している一方で、ほぼ同数の企業が新規に追加されていることを報告している。

c . 特許データについて

東京大学先端科学技術研究センターにおいて特許庁の「整理標準化 SGML データ」を基に作成した特許データベースには、1960 年代以降に我国で公開された全ての特許の書誌情報が収録されている。この特許データベースには、特許出願人に関する情報としては、名称の他、出願人のタイプ（個人、法人又は官庁：個法官コード）や居住地の属性（国コード・県コード）に加えて、不完全ながら出願人に付与された「出願人コード」が含まれている。

特許庁における出願人コードによる出願人の管理は、1992 年の申請者登録制度の創設に伴って本格的に開始されたものである。現在は、社名や所在地の変更があっても、実質的に同じ出願人であれば、同一のコードを用いることになっている。1992 年以前には、数 100 社の大口出願人（大手企業）以外には出願人番号が割り当てられていなかった。また、その大口出願人に割り当てられた番号（一部、アルファベットを含む）についても、フォーマットの改訂が何度か行われており、過去のデータについては最新時点のコードに統一する必要がある。フォーマット改定に伴う問題については、元橋らは改訂の履歴を追うことによって過去のデータについても最新の出願人コード（9 桁コード）に変換することに成功している。一方、1992 年以前に出願人番号が付与されていなかった出願人についても、元橋らは「出願人の名称」を用いて名寄せを行い、出願人番号を振りなおす作業を行っている。更に、同一企業であっても異なる事業所から出願が行われる等の場合、別企業として認識されてしまい、異なるコードが付与されてしまうケースも存在するが、このような場合は企業単位で 1 つの番号が付与されるよう名寄せ作業を行った。ただし、これらの名寄せ作業は大手の出願人については目視で行ったものの、その他については出願人名称を用いた機械的作業で行ったため、データとしては完全なものではないことに留意が必要であるとしている¹⁰⁷。

特許データの場合にさらに難しいのは、企業集団の扱いについて、会計で行なわれる連結処理のようなはっきりとした基準が存在しないことである。企業会計上は 100% 子会社であっても、親会社とは別法人として特許を出願するケースや、グループ内の持分法適用会社であっても特許は親会社がまとめて出願するケースなど、企業によってさまざまなバリエーションが存在している。

特許情報を経済主体としての「企業」という単位でパネル化するためには、特定企業（集団）の範囲を明確化し、それら企業（集団）が各年代にどのような名称もしくは出願人コードで特許活動を行ってきたのかを明らかにする必要がある。

¹⁰⁷ 元橋一之、「特許庁整理標準化データを用いた研究者用データベースの作成について」『特許データを用いた技術革新に関する研究』平成 16 年度特許庁研究事業 大学における知的財産権研究プロジェクト研究成果報告書、2005 年 3 月

d．日本標準産業分類の改定について

1980 年～2005 年の期間で、日本標準産業分類は 3 回改訂されており、それぞれの期間における公的統計への分類の適用は以下のようになっている。

- 1980 年調査～1984 年調査 : 1977 年（昭和 52 年）分類を適用
- 1985 年調査～1993 年調査 : 1985 年（昭和 60 年）分類を適用
- 1994 年調査～2001 年調査 : 1994 年（平成 6 年）分類を適用
- 2002 年調査～ : 2002 年（平成 14 年）分類を適用

1985 年（昭和 60 年）の改正は、中分類（2 桁分類）レベルの改正ではあるが、「食料品製造業」を「食料品製造業」と「飲料・たばこ・飼料製造業」に分割したこと、また「その他製造業」のうち中分類（3 桁）「プラスチック製造業（別掲を除く）」を中分類（2 桁）「プラスチック製造業（別掲を除く）」として創設したこと等が主要な改正であり、コードの変換は比較的容易である。

1994 年（平成 6 年）の改正は、「繊維工業」と「衣服、その他の繊維製品製造業」の中分類間で分類の組み替えがあり、特に繊維、中でもニット関係の分類を中心に大幅な変更があったため、3 桁分類および 4 桁分類のコードの変換はかなり困難である。

2002 年（平成 14 年）の改正は、大分類項目の新設を含む非常に大規模なものである。国際標準産業分類（ISIC）等国際的な産業分類との比較可能性の向上を基本とし、中・小・細分類項目についても、情報通信の高度化やサービス経済化の進展等に伴う産業構造の変化に適合させるため、全面的に見直しが行われた。大分類としては「情報通信業」、「医療、福祉」、「教育、学習支援業」、「飲食店、宿泊業」、「複合サービス事業」の 5 項目が新設され、中分類項目の見直しが新設 22 に廃止 24、小分類項目の見直しが新設 76 に廃止 119 に及んでいる。

日本標準産業分類の改訂にあたって、統計の継続性は極力配慮されているが、完全なコード変換は不可能であり、統計データの利用面も考慮した上で利用目的に応じてコードコンバータを作成する必要がある。

なお、「工業統計調査」や「企業活動基本調査」における産業格付けは、原則として製造品出荷額等の大小で決定されているのに対し、同じ製造事業所を対象に調査している「事業所・企業統計調査」では、原則として従業者数あるいは就業者数の大小で決定されている。前者では、生産活動の結果であるアウトプットで格付けされているのに対し、後者では労働投入のインプットで格付けされていることになる。

データ利用の手続きとデータの維持・更新体制

指定統計の個票利用については統計法上の規定があり、特定の目的のために統計目的以外の利用申請を行いそれが認められると利用することが出来るが、利用に関しては厳しい制約がある。

a．目的外使用承認申請手続きの所要時間について

個票データを利用しようとする者は、総務省または調査実施官庁に統計目的外の利用申請を行い、承認されると特定の期間データを利用することが出来るが、承認するか否かの判断等の運用は官庁によって異なっている。以前には、私立大学の研究者は個票を利用することができなかったが、最近では利用が認められるようになった。

今回、筆者らは科学技術研究調査の個票データと企業活動基本調査の個票データを接続するために、それぞれの調査の所管部署である総務省統計局統計調査部と経済産業省経済産業政策局調査統計部に対し、経済産業省産業技術環境局技術評価調査課を窓口として「指定統計調査調査票の統計目的外使用の承認申請」を行なった。申請手続きを開始したのは予算執行の許可が下りた 10 月上旬であったが、事前相談や審査、決済、官報公示などの手続きを経る間に 5 ヶ月を要し、データを使用する研究に割ける時間がほとんど残されない結果となった。

b．使用項目の減縮について

現在の調査原票の目的外利用申請の審査においては、使用を許可する項目数やレコード数を極力減縮することを基本とした運用がなされている。このために、使用する項目やどのような集計を行うのかなど、レコードに関する個別説明資料の作成が求められる。しかし、データ項目の定義や適応される分類方法、データ収集期間、欠損値の程度、データの分布など、利用可能なデータ項目の詳細については事前に情報を入手することが難しく、研究の中でどのような集計を行えるのかを予測することが難しいため、詳細な説明資料を作成することは難しい。結果的に、承認がおりるまでには研究実施側と事務担当官との間で 40 回を越えるやりとりを要することとなった。

c．秘密保持誓約書について

現在の調査原票の目的外利用申請の審査においては、秘密保護の観点から個人レベルの誓約書や機関レベルの誓約書の提出など、何重にも及ぶ手続きが求められる。秘密漏洩抑止の観点からなんらかの誓約書の提出が必要であることは当然としても、現在の手続きは大学の総長レベル等、非常に高いレベルの文書が要求される。

d．統合的データの維持・更新体制について

従来、指定統計は統計法により目的外使用が特に厳しく制限されてきたが、データの活用を推進するため、平成 16 年の「指定統計調査調査票の統計目的外使用の承認申請に関する事務処理要領」の改訂により、ミクロ・データを調査研究に使用するための目的外利用申請手続きが明確化された。また、平成 18 年 6 月には、内閣府の「統計制度改革検討委員会」が報告書を発表し、

- ・ 情報源・作成方法の別にとらわれず公的機関が作成する統計の総合的・計画的・効率的な整備を可能とする仕組みを確立すること
- ・ 統計整備に関する「司令塔」機能を強化すること

などが基本的方針として示された。

経済産業省では、従来から経済産業研究所を中心として、同省の所管する産業関連

の統計データをパネル化し、経済・産業の研究に活用する方策を積極的に模索してきている。イノベーション研究のため原データを利用する環境は、このような統計法全体の枠組の再編や各省庁の努力の中で徐々に整っていくものと考えられる。しかしながら、イノベーション関連の指標は複数の省庁、部署にまたがって所管されており、現状では省庁間であっても個別の利用申請が必要で、データを保持できるのも認められた機関において認められた期間のみとなっている。

今後は、たとえば内閣府の報告書が指摘するような「司令塔」機能を持つ中核機関を定め、そこに各省庁からイノベーション関連指標の個票データを集積し、パネル化データベースを構築するとともに、コンコーダンス・テーブルや各種コードの対応表などを整備することが望ましい。中核機関では、毎年データ・アップデートを行うとともに研究者の受け入れを行い、秘密保持のための誓約書の管理なども集中して行う体制を構築することが必要であろう。

わが国は、世界的に見ても貴重な統計データを多数保有している。しかしながら、データを利用し研究を推進するための体制が非常に不備であり、そのためにイノベーション研究の分野においても世界の潮流から大きく取り残されつつある。上記のような体制を整備し、わが国のイノベーション研究の環境を整えることは、エビデンス・ベースの政策立案と検証・評価を進める上でも喫緊の課題である。

2.4 イノベーションのインパクトの定量的把握に向けて

2.4.1 市場データを用いたイノベーションの測定

【大橋 弘（東京大学 大学院経済学研究科 助教授）】

（1）問題設定

本報告書の主な目的は、社会がイノベーションから享受する便益を経済学の観点から定量的に測定するために必要な理論的および実証的な基礎づけを提供することにある。イノベーションを定量的に把握するための手法は、対象とするイノベーションの特質や利用可能なデータの性質により複数存在する。ここでは、イノベーションが消費者に与えた便益あるいは余剰について測定する手法を紹介する。

イノベーションから社会が享受する便益を定量的に測定する手法は、分析対象として取り扱うイノベーションの事例により大きく異なることが予想される。ここではイノベーションをプロダクト・イノベーションとプロセス・イノベーションとの2つに大別し、それぞれのイノベーションを定量的な計測する手法を紹介したい¹⁰⁸。

（2）イノベーションの定量的な測定について

本章のテーマである「イノベーションの定量的把握」の基本的な難しさは、イノベーションそのものを見ることができないことに起因する。そこで定量的な手法を議論する前に、イノベーションを定量的に把握するとは何を意味するのかを議論することからはじめたい。

イノベーションにもさまざまな定義が考えられるが、新しい知識が社会に利用可能な形で創造されることをイノベーションと呼ぶことにはあまり異論はないのではなかろうか。このように考えれば、新製品を開発することもイノベーションであるし、既存の製品に関する生産工程を改良することもイノベーションであると考えられる。そこで、定量化の結果として得られるイノベーションの大きさは、何らかの形で新しく社会に加わった知識の価値を表していると考えてよいだろう。

イノベーションの価値とは、経済学者がしばしば用いる言葉にあてはめて表現すると、新しく生み出された知識の量に一単位あたりの新しい知識がもつ潜在価格(Shadow price)を掛け合わせたものであるといえる。この経済学的な概念には問題がつきまとう。イノベーションの成果とは、「一単位」などという形で数えられるようには顕在化しないからだ。イノベーションとは技術的に多層であるとともに、経済価値としても多様な特質を持っており、異なるイノベーションについて、その新しく生み出された知識の量に対して共通の測定単位を設けるアプローチには疑問が多い。同じような疑

¹⁰⁸ 本検討には、中村 豪氏（東京経済大学 助教授）の協力を賜った

問は、現在おこなわれているイノベーション研究のアプローチにも一部当てはまる場所があるかもしれない。例えば、イノベーションの成果として、そのイノベーション活動に携わった技術者数や、当該イノベーションの誕生に関連する論文数やパテント数などの側面を測定単位とするような研究があったときに、その測定の仕方に上記と同様の問題が潜んでいないか慎重に考えてみる必要があるだろう。

本稿では、上で述べた問題意識を基にして、イノベーションの社会に対するインパクトを直接的に社会余剰への影響として測定することを試みる。つまり、ある時期にある分野で誕生した特定のイノベーションを定量的に把握するとは、そのイノベーションがどれだけの価値があったのか、つまり当該イノベーションに関わる消費者および生産者の余剰がどれだけ生み出されているかを測定することだと考える。これは、イノベーションが社会にどれだけの経済的な価値を生み出したかを知ることと同義である。

イノベーションの定量的な測定を上述のように定義づけることにより、幾つかの重要な研究課題が本章の分析の対象から外れることになる。まず本章では、投入あるいはコストの側面からイノベーションを評価するアプローチは対象外とする。重要なイノベーションであってもそれを生み出すためのコストが莫大である場合には、そのイノベーションがどれだけ社会にとって望ましいかは大切な論点ではあることには論を俟たず、この点については別途考察される必要がある。また、本章では、技術的側面がどれだけ向上したかを以ってイノベーションが起こったとは考えない。例えば、自動車を取上げたときに、あるイノベーションによってスピードや加速を飛躍的に向上させたとしても、そのようなイノベーションは交通渋滞が多発するためにスピードを制限せざるを得ないような社会においては余り意味のあるイノベーションであるとはいえない。たとえ物理的な特性が大幅に上昇したとしても、そのようなイノベーションが交通渋滞のひどい社会に与えるインパクトは小さいと判断されるべきであろう。

イノベーションの分類

イノベーションは大まかに2つ（プロセス・イノベーションとプロダクト・イノベーション）に分類されることが多い。通例、プロセス・イノベーションとは既存の財・サービスを生産する際の工程におけるイノベーションであり、プロダクト・イノベーションとは従来見られなかった新しい財・サービスが提供されるようなイノベーションであると定義される（例えば Mansfield, 1968）。以上の定義は直観的には分かりやすいものの、プロセスおよびプロダクト・イノベーションの区別は必ずしも厳密にできるわけではない。プロセス・イノベーションとは、主に生産工程に影響を与えられているが、これは生産に用いられる資本の品質が向上することを意味しているのであり、よって資本の観点からはプロダクト・イノベーションだと考えることができる。プロダクト・イノベーションも従来はそのようなイノベーションを体化した財・サービスを生産し提供することに非常に高いコストがかかり、よって市場に投入されなかったと考えることができる。その意味ではプロセス・イノベーションがプロダクト・イノベーションを可能にした側面がないとはいえない。2つのイノベーションの

間の差異については、Fisher and Shell (1998)により技術革新の性質に大きく関係していることが分かっている。ここでは、プロセス・イノベーションとプロダクト・イノベーションの理論的な区別の仕方については Fisher and Shell (1998)に譲ることにし、両イノベーションの区別は可能であることは前提とした上で、議論を進めていきたい。両イノベーションを定量的に把握するための理論的な背景および実証的な手法については、第3章および第4章にて議論する。

データの特性

イノベーションの社会的な余剰を定量的に測定するためには、そのイノベーションに関わるデータを収集することが不可欠である。データにはその性質から顕示選好 (Revealed Preference) によるデータと表明選好 (Stated Preference) によるデータとの2つのタイプに分類することができる (Louviere, et. al., 2003)。

顕示選好によるデータとは、消費者あるいは生産者が実際の経済活動の中で行なった選択の結果を記録したデータを指す。一方、表明選好によるデータとは、仮想的な状況を実験的に想定してやり、そのような状況下で消費者あるいは生産者はどのような行動をとるかをアンケートなどの調査を用いて記録したデータを指す。顕示選好・表明選好のどちらのデータにも以下に述べるような利点と欠点が存在する。

顕示選好によるデータは、経済主体が資源的な制約 (例えば、利用可能な金銭的・時間的・情報にまつわる制約) の中で、実際にコストをかけて選択した結果をデータ化したものであり、経済主体の選択行動を分析する上では信頼の高いデータであるといえる。しかしながら顕示選好によるデータは過去の市場における経済主体の選択行動の記述であるために、経済状態が大きく変化するような状況における予測を行う際のデータとしては余り適切ではない。

表明選好によるデータは、顕示選好のものと比較して、経済主体の選好に関してよりきめの細かい情報を得ることが可能である。表明選好によるデータは、仮想的な状況を想定した上で被験者に選択行動について質問するために、われわれ質問者の側で様々な状況を自由に仮想的に想定することが可能であるからだ。しかし、表明選好によるデータは、現実には経済主体が直面している資源的な制約を実験としてすべて取り込むことは難しい。そこで、質問の仕方や選択肢の配置などで被験者の回答が大きく影響を受けることがありうる¹⁰⁹。

現在のイノベーション研究において、顕示選好によるデータを用いた定量的な分析が乏しいことを鑑みて、この報告書では市場にて経済主体が行動した結果を記述したデータを用いた分析における理論的、実証的な基礎を紹介することを目的とする¹¹⁰。もちろん将来、イノベーションの定量的な測定においては顕示選好と表明選好と2つのデータをうまく組み合わせることにより、両データの利点と欠点とを補完しあうような調査を行なうことが望ましいだろう。

¹⁰⁹ 公平性についての調査でも同様の指摘がされている。Kahneman et al (1986)。

¹¹⁰ 本報告書のタイトルにおける「市場データを用いた」とは、顕示選好によるデータを用いたということと同義である。

(3) プロセス・イノベーションの定量的な測定手法

一般にはイノベーションは、プロダクト・イノベーションを想定することが通例だが、経済学においては理論的にも実証的にもプロセス・イノベーションにその研究の重点が置かれてきた。プロセス・イノベーションは生産性とも呼ばれ、概念的には生産関数の上昇へのシフト、あるいは費用関数の下方へのシフトによって捉えることができる。この節では、プロセス・イノベーション、あるいは生産性分析の歴史を振り返りつつ、生産性を測定することの課題について既存の文献を紹介しつつ議論をしていきたい。

「残差」の発見

これまでの経済学における生産性の分析は「残差」の計測によるところが大きい。「残差」という用語が広まったのは 1964 年に出た OECD のレポート “The Residual Factor and Economic Growth” がきっかけであるといわれている。「残差」を全要素生産性 (Total Factor Productivity) と呼ぶに至るまでに、数十年にわたる生産性における分析の蓄積がある。まず労働のみならず、資本や土地も生産要素と考慮して生産性を計測しなければならない、という考え方は Kuznets (1930) にも登場する。この分析の流れは、成長会計のデータを充実させるという方向に向かい、National Bureau of Economic Research などでのデータ収集活動を活性化させることになる。

一方、生産関数の推計は Cobb および Douglas によるところが大きい (Cobb and Douglas, 1928)。彼らの仕事の多くはクロスセクションのデータを使ったものであったが、時系列のデータが利用可能になるにつれて、生産関数にトレンド項など時間の变化を捕捉するような変数を入れて分析が行われるようになった。

成長会計の流れと生産関数推計の流れを集大成させたのが Solow (1957) であるといわれている。Solow (1957) は、生産関数とは決して安定的に観測されるものではなく、時間と共に変化しうるものであり、その時間と共に変化しうる部分を残差で捉えることで生産性の指標を作成した。当時のアメリカにおける生産性の推計値をまとめたものが図表 2.4.1.1 となる (Griliches, 2000 より引用)。推計された生産性の値は生産量 (あるいは額) の 20% を超えるようなとても大きな値を示していることがわかる。

生産性の計測方法からも明らかなように、生産性とは生産要素では説明できないような生産量 (あるいは額) の動きを残差として表したものである。そこでこの残差は必ずしも純粋に生産性を表すものではないかもしれないという点は、当時の人々も指摘をしていた点であった。Kendrick (1956) は R&D などの無形資産が生産関数で捕捉されていないために残差が大きく推計されているのではないかと指摘した。Solow (1957) も、労働や資本の質の向上がきちんとコントロールされていないために残差が大きいのではないかと言及した。

当時の残差の推計値から発せられた疑問は、生産性分析において 2 つの流れを作り

出したと考えられる。ひとつは、上で Kendrick や Solow が指摘するような生産要素データに関する問題である。この流れは、労働や資本など生産要素についてのデータの質を向上させる方向性を示すと同時に、R&D や教育などのデータを補充しつつ生産性の分析を考え直すきっかけを与えた。この流れについてはこれまでマクロ経済学をはじめとして既に多くの議論がなされてきたところである。

もうひとつの流れは、生産性の計測手法についての問題である。残差は生産関数に基づいて測定されるために、生産関数の特定化の仕方に大きな影響を受けることは容易に想像がつく。また推計手法についても、生産関数の推計は当時から用いられていた最小二乗法の統計的な前提条件を満たしているのか疑義が呈され、従来の最小二乗法には囚われない新しい推計手法の開発が進められることになった。この点についての議論は、前者の流れと比較して、これまで日本において余り研究の焦点が当たっていないように見受けられる。そこで本報告書では後者の流れである推計手法に焦点を当てて、以下議論をしていきたい。

プロセス・イノベーションにおける推計上の識別問題

a . 問題設定

これまで述べたように、プロセス・イノベーションの測定の問題は、生産性の推計と同様、生産関数の測定の問題に帰着する。この節では、生産関数を推計する際の問題点について議論したい。

計量経済学的に生産関数を測定する場合に、概念的およびデータの扱い方について幾つかの難しい問題があることが知られている。中でも以下のような点が顕著な問題としてあげられる。

- A. 生産関数をどのように特定化したらよいのか？異なる企業あるいは異なる時期にまたがって、同じ生産関数形を適用しても良いのか？そもそも仮定されている生産関数は現実をきちんと表現していることになるのか？
- B. （もし A. の問題が解消したとして）生産関数を推計するために適したデータ変数を使っているか？生産要素と生産量（あるいは額）はきちんと測定されているか？企業や異なる時期における労働あるいは資本の質の差異がきちんとコントロールされているか？稼働率の差異は考慮されているか？
- C. データはどのように抽出されたのか？代表的なサンプルを用いているか？
- D. 生産関数の推計手法は適切か？生産要素を誤差とは独立の変数として取り扱うことが適当か？あるいは生産関数を包含する同時方程式体系を想定するのが適当か？市場構造や企業行動における仮定は適当か？これらを検定することができるか？

上記の問題はどれも重要な問題であるが、本報告書のこの節では特に最後の問題である D.D) に注目して議論をしたい。

b. 基本的な論点

プロセス・イノベーション測定のための生産関数推計に際しての問題点を最初に的確に指摘したのは Marschak and Andrews (1944) であるといわれる。彼らは生産関数の説明変数である生産要素の量は、データとして観測できないが生産要素の投入量を決定する際に重要な生産性のショックと相関関係を持つために、そのような内生性を考慮しないような生産関数の推計においては、生産関数のパラメータはきちんと推計できないことを指摘した。この経済学的な直観は次のようなものである。大きな正の生産性のショックに直面している企業はより多くの生産要素を使うはずだ。もしわれわれ実証をする側に企業が見えている生産性ショックを観測できないとするならば、そのような生産性のショックは誤差項の中に取り込まれてしまうはずである。そこで、上記のような想定が正しい状況においては誤差項と生産要素投入量との間に相関関係が生じてしまい、最小二乗法を用いて推計することに問題を生じてしまうことになる。

上記のような状況をより厳密に記述するために、次のようなコブ・ダグラス生産関数を定義したい。

$$y = \alpha z + \beta x + u \quad (1)$$

y は生産量、 z は資本投入（あるいは固定的な生産要素をすべて含む）量、 x は労働投入（あるいは変動的な生産要素をすべて含む）量であるとし、すべて対数変換されているものとする。そこで α, β は z, x それぞれの y に対する弾力性を表わし、 u は誤差項である。この u は生産関数(1)の z, x では捕らえられていないが、生産量 y に影響を与えるような変数（計量経済学的には Omitted variables（無視された変数）ということもある）や、効率性の差、関数系の特定化の誤りから来る誤差、また変数の測定誤差が含まれていると考えられる。Marschak and Andrews (1944) による批判は、(1)式の右辺の変数 z, x を外生変数のように扱う Douglas のような推計は誤りであるという点にある。 z, x は分析者が調整できるような変数ではなく、企業主や工場経営者が調整している変数である。もし企業主や工場経営者が、分析者がデータとして持っていないような変数（たとえば生産性を変化させるようなショック（天候など））に基づいて z, x の量を判断しているとすれば、 z, x は u と相関を持ってしまうであろう。

そしてこの点はたとえ z が u と相関を持っていなくとも、経営者によって x が u によって調整可能であるならば、 α, β 双方にバイアスを生じさせてしまうことになる。こ

の点は、 α, β の最小二乗法による推計値である $\hat{\alpha}, \hat{\beta}$ を解析的に表現してやることによって明らかになる。¹¹¹

¹¹¹ 内生性について理解するためのもうひとつの方法として、以下のような同時方程式体系からアプローチする見方もある (Griliches, 2000)。企業経営者は、生産関数(1)を用いて利潤を最大化しているものとする。このとき、最適化の1次式は $y = x + w + v - \ln(\beta)$ となる。但し、 w は生産要素 x の価格であり、最終生産物 y の価格を 1 と基準化している。この利潤最大化を解くにあたって、生産要素市場および最終生産財市場における完全競争の仮定、完全予見の仮定、また不確実性に対してリスク中立的であるという仮定などがなされている。このような仮定は現実のデータでは満たされているとは考えにくく、上記の仮定と現実データとの差異を v という変数で表現している。この1次式と(1)式とから以下のような導

$$\hat{\alpha} = \alpha + \frac{\hat{\sigma}_{x,x} \hat{\sigma}_{z,u} - \hat{\sigma}_{z,x} \hat{\sigma}_{x,u}}{\hat{\sigma}_{x,x} \hat{\sigma}_{z,z} - \hat{\sigma}_{z,x}^2} \quad (2)$$

$$\hat{\beta} = \beta + \frac{\hat{\sigma}_{z,z} \hat{\sigma}_{x,u} - \hat{\sigma}_{z,x} \hat{\sigma}_{z,u}}{\hat{\sigma}_{x,x} \hat{\sigma}_{z,z} - \hat{\sigma}_{z,x}^2} \quad (3)$$

但し、 $\sigma_{a,b}$ は a, b との間の標本共分散である。上記の式(2)(3)から分かることは、

例えば労働投入 (x) のみが生産性のショック (u) に反応し (つまり $\sigma_{x,u} \neq 0$)、資本など固定的な生産要素の投入は生産性のショックに反応しないときでも、資本投入と労働投入との間に相関がある限りにおいては、最小二乗法を用いて推計された結果である $\hat{\alpha}, \hat{\beta}$ 双方ともにバイアスを持つてしまうという点である。つまり x と u との相関は、 x と z との相関を通じて、 z の係数にも影響を与えることが分かる。

このような指摘に対して過去様々な反論や対処がなされてきた。1940年代あるいは1950年代において生産性の分析は農業経済の分野で多くなされたが、農家を観測単位とする生産関数においては上記のような同時性・内生性の問題は余り深刻でないという議論が支配的であった。なぜならば農家における生産は多くの場合、土地・農具・家族労働でほぼ決まっており、農業の生産性に与えるようなショック (たとえば天候) は、農家にとっても予見不可能である点においては分析者と同様の立場にいたと考えられるからである。しかし、製造業など非農業部門における生産性は必ずしも z や x ですべての生産投入が記述できるとは考えられず、Omitted variables の問題は深刻である。このような産業を分析する際には、Marschak and Andrews (1944) による批判は適当である可能性が高い。

マクロ経済学における生産性の分析においても、内生性の問題は上記で述べた点と同様に存在するはずであるが、マクロ経済学ではこの問題はあまり注目を浴びてきたとはいえない。この点については本報告書では議論しないが、別途にサーベイが必要である可能性がある。

次の節では、Marschak and Andrews (1944) が最初に指摘した内生性の問題を克服するいくつかの方法を紹介することにしたい。

c. パネルデータの使用

前節における Marschak and Andrews (1944) に対する批判への対応のひとつとして、

くことができる：

$$\begin{aligned} x &= (1 - \beta)^{-1} (\alpha z - w + u - v) \\ y &= (1 - \beta)^{-1} (\alpha z - \beta w + u - \beta v) \end{aligned}$$

そこで、もし x が最適化 (に近い形で) 選択されているとすれば、生産関数の誤差である u は x の選択に影響を与えることが分かる。

最近利用可能性が高まってきているパネルデータの使用がある。パネルデータの使用によって、内生性の原因のうち、時間と共にあまり変化することがないような生産性のショックで、なおかつ生産要素投入に大きな影響を与えるような観測できない要素をコントロールすることが可能となる。個人と時間のインデックスを i と t と表わすとき、生産関数はつぎのように書ける（個人とは、クロスセクションにおけるデータ単位を総称する用語であるとする。例えば、企業や事業所、農家がそれに相当する）。

$$y_{it} = \alpha z_{it} + \beta x_{it} + a_i + \lambda_t + e_{it} \quad (\text{TL})$$

但し、 $a_i + \lambda_t + e_{it}$ は前式(1)における u に相当する誤差項である。 a_i は個人 i で固定されている効果であり、 λ_t は時間 t におけるダミー変数である。 a_i はデータにいる個人には見えるが、分析者には観測できないような変数であり、そのために最小二乗法では α, β に関してバイアスを生んでしまうとの指摘を前節にて行なった。 λ_t は個人を含む社会全体に等しく影響を与えるような景気循環や技術革新、また y に実質生産額を用いた場合にはデフレータの影響、社会全体に均等に影響を与えるような R&D 投資やスピルオーバーの影響などを考えることができる。このとき、Within-fixed Effects による推計は次のような結果を生むことになる（ここでは簡単化のために λ_t を無視して議論する）。

$$(y_{it} - y_{i.}) = \alpha(z_{it} - z_{i.}) + \beta(x_{it} - x_{i.}) + (e_{it} - e_{i.}) \quad (\text{WL})$$

但し $x_{i.}$ は x_{it} を時間 t に関して平均したものである。 e が独立な誤差項であるとすれば、上記 (WL) 式のように Within-fixed effects において a_i は取り除かれ、前節における内生性の問題は解消されることになる。

しかしながら、上記の手法は実証研究においてうまくいったとは言いがたい。しばしば得られた結果は、資本投入の係数が非常に低い、あるいは統計的に有意にならないことが多く、また規模に関する収穫の程度も非常に小さく推計されることが指摘されている。もうひとつの問題は、生産関数に e_{it} が新たに導入されたことから、最小二

乗法を適用するためには x_{it} （あるいは z_{it} ）は e_{is} と $s = t$ のときに相関があってはなら

ないという条件に加えて、すべての s について e_{is} と相関があってはならないという条件（つまり Strictly Exogeneity 条件）を満たさなければならないという点にある。

つまり、 e_{it} は完全なランダムエラーであり観測不能な生産性ショックなどの条件は一切含んでいてはならないことになる。研究者に観測不能な生産性ショックは、固定効果 a_i で表されるように時間と関わりなく固定されているというのではなく、現実には時間と共に変化する点を考慮すると、Strictly Exogeneity はかなり強い条件であることが分かる。

この Strictly Exogeneity の条件を緩和する方法として、Chamberline (1982) が提示したものは、以下のように一階の階差を取るやり方である。

$$(y_{it} - y_{i(t-1)}) = \alpha(z_{it} - z_{i(t-1)}) + \beta(x_{it} - x_{i(t-1)}) + (e_{it} - e_{i(t-1)}) \quad (\text{TD})$$

このとき、もし e_{it} が x_{it} および $x_{i(t-1)}$ (また z_{it} および $z_{i(t-1)}$) に影響を与えることがないならば、最小二乗法を用いて推計することが可能となる。そうでない場合には、 x (および z) について操作変数を用いてコントロールする必要がある。操作変数は通常、 x あるいは z の過去の変数を用いることが多いが、どれだけの数の操作変数が利用可能かはパネルの長さや注目しているクロスセクションの様相により異なるため、効率的な推計方法はかなり込み入った形となる。そのためにしばしば一般モーメント法 (Generalized method of moments) を用いて行われることが多い (例えば Arellano and Bond, 1991)。

上式 (TD) のより一般的な形は、誤差項に系列相関を入れることである。実際に特定の個人 i を取上げたときに、その個人における生産性やその他の誤差は時間を通じてある程度の「粘性性」を持つことは想像に難くない。例えば、固定効果 a_i は保持し

たまま $e_{it} = \rho e_{i(t-1)} + \xi_{it}$ のような 1 次の系列相関を仮定する。このとき (TL) 式は次のように書ける。

$$y_{it} = \rho y_{i(t-1)} + \alpha(z_{it} - \rho z_{i(t-1)}) + \beta(x_{it} - \rho x_{i(t-1)}) + (1 - \rho)a_i + \xi_{it} \quad (4)$$

このときもし ρ が 1 よりも小さいとすれば、 a_i に対して全ての変数が操作変数を必要とすることになる。(TD) 式と同様に 1 次の階差をとることにより a_i を取り除くことが可能だが、その際には操作変数として過去の x, y, z の変数ばかりでなく、ある定常性 (つまり x, z と a_i との間の共分散が時間と共に変化しないという) 仮定の下では、

$x_{it} - x_{i(t-s)}$ や $z_{it} - z_{i(t-s)}$ (但し $0 \leq s < t$) も操作変数として使うことができることが知られている (Blundell and Bond, 1998)。もっとも ρ が 1 と等しければ (4) 式は (TD) 式と同じになる。

d. 実証研究での知見

上記 c. 節にて、内生性や同時性を解決するためのさまざまな方法についてパネルデータを用いた議論を紹介した。このようなパネルデータによる解決方法は実証研究の上ではどの程度の成功を収めているのだろうか？ Mairesse (1990) は日本、フランス、アメリカの 3 国に関して 13 年間 (1967-1979) の製造業を営む企業のパネルデータを用いて、上で述べた手法を試み、比較検討している。その結果を図 1 に記した。この図には、3 国それぞれについてコブダグラス型生産関数における (資本弾力性) の推計値と $\mu \equiv \alpha + \beta$ (規模の経済性についての弾力性) の推計値とをプロットしてある。この図にはパネルデータを使った 6 つの手法における推計値がそれぞれの国ごとに記されている。なお (BL) を以下のように定義する。

$$y_{it} = \alpha z_{it} + \beta x_{it} + a_i + \frac{1}{T} \sum \lambda_t + e_{it} \quad (\text{BL})$$

BL (= Between Regression) とは、個人 i 間の違いをもとに推計を行い、先述の WL は、個人内の差異をもとに推計を行っている。また、BD および WD はそれぞれ、TL に一回の階差をとった TD についてそれぞれ Between および Within の操作を施したものである。BD は、個々人の平均の成長率を見ているのに対して、WD は平均成長率からそれぞれの個体の平均成長率を引いた乖離を見ていると考えられよう。

図表 2.4.1.3 より明らかな点は、 α および μ の推計値は、BL, TL から BD, WL、そして TD, WD とより複雑な操作を行うにつれて、だんだんと減少している点である。考えるさまざまな特定化の問題点について配慮を重ねるにつれてデータのもつバリエーションが減少していき、結果として α および μ の推計値はゼロへと近づいてしまうのである。 α および μ を識別するために必要なデータのバリエーションを切り詰めていった結果、生産性ショック以外の推計上の問題がより大きくなってきたことを示しているとも考えられる。この点については、Griliches and Hausman (1986) の Errors in Variables によるバイアスなどで我々がすでによく知っている現象であるとも言える。

この問題点は、直観的にいうと生産関数の推計上の問題を、生産関数の枠内で解決しようとする結果生じた帰結であるといえる。既存の生産関数を保持したままで過去の説明変数やその説明変数の差分を取るなどして、観測できない生産性ショックをコントロールしようと努めた結果、データのバリエーションをなくす結果となってしまったのである。内生性を解決するもうひとつのアプローチとして、この生産性のショックがいったいどこから来ているのか、生産関数の枠を超えて、企業の行動からその源を探るという方向性が考えられる。そしてこの後者の手法が、プロセス・イノベーションあるいは生産性の推計を行なう際の現在の最先端の議論になっている。この最先端の研究について節を改めて紹介することにしたい。

e. 生産性計測のフロンティア

パネルデータにおいて Mairesse (1990) が如実に指摘した問題を解決する方向性を

与えた新しいアプローチとして、Olley and Pakes (1996) (以下 OP) が挙げられる。OP は、アメリカにおける通信機器産業における企業のパネルデータを用いて、各企業の生産性を計測し、さらにその結果に基づいて規制緩和が産業の生産性上昇に及ぼす効果を定量的に評価している。その論文において、彼らは生産関数推定における内生性バイアスの問題について新たな対処法を提案している。

内生性バイアスを生じる原因となる(分析者には観察できないが、意思決定主体(=企業)には観察できる)生産性ショックは、生産関数だけに影響するわけではない。例えば投資関数も生産性ショックに依存していると考えられる。生産性ショックに系列相関があるとき、ある時点において高い生産性ショックを観察すると、今後高い利潤が見込まれることから企業は積極的に設備を拡張しようとするだろう。逆に生産性ショックが低ければ、設備投資には慎重になるかも知れない。もしこのように単調な一対一の関係が、設備投資水準 l_{it} と生産性ショック u_{it} の間に成り立てば、本来観察できない u_{it} の代理指標として観察可能な l_{it} を用い、それによって生産関数推定における内生性バイアスを処理できるのではないだろうか。これが OP の基本的なアイデアである。

【OP による推定】

OP では、生産関数を 2 段階で推定する。第 1 段階では、設備投資水準を用いて生産性ショックの影響を制御し、可変的な投入要素の係数 β について一致推定量を求める。第 2 段階では、第 1 段階で得られた推定値を利用しつつ α の一致推定量を得る。

生産関数における誤差項 u_{it} は、分析者には観察できないが企業には観察される ω_{it} と、企業にも観察されない η_{it} に分けられる ($u_{it} = \omega_{it} + \eta_{it}$)。 ω_{it} は企業の意思決定に影響し、内生性バイアスの源となる。もし ω_{it} が時間を通じて一定であれば、 ω_{it} は 3.2.3 節の a_i と同じものになり within fixed effects による推定でバイアスを取り除くことができる。しかし OP では ω_{it} は 1 次の Markov 過程に従うものと仮定して、系列相関を持ちながら時間とともに変化するものと想定しており、より一般的な状況を想定している。

OP の特徴は、この生産性ショック ω_{it} を生産関数の枠外にある企業行動、すなわち設備投資水準の決定と結びつけて考えたことにある。 ω_{it} と設備投資 l_{it} とは次のように

関連づけられる。企業の投資は、状態変数 z_{it} と、1 次の Markov 過程に従う生産性ショック ω_{it} に応じて決定される。すなわち投資関数は、

$$l_{it} = l_{it}(z_{it}, \omega_{it}) \quad (5)$$

のように表される。ある前提条件のもとで l_{it} は ω_{it} の単調関数となり、逆関数

$$\omega_{it} = h_{it}(z_{it}, l_{it}) \quad (6)$$

を定義することができる。このような定式化ができるとき、 l_{it} は生産性ショック ω_{it} の代理指標 (proxy) として用いられることになる。

$u_{it} = \omega_{it} + \eta_{it}$ および (6) を生産関数の式に代入すると、

$$y_{it} = \beta x_{it} + \phi_{it}(z_{it}, l_{it}) + \eta_{it} \quad (7)$$

となる ($\phi_{it}(z_{it}, l_{it}) = \alpha z_{it} + h_{it}(z_{it}, l_{it})$ である)。定義より η_{it} は企業の意思決定には影響を与えず、 x_{it} 、 z_{it} 、 l_{it} と相関を持たない。また x_{it} 、 z_{it} 、 l_{it} は観察可能であることから、 ϕ_{it} の関数形が分かれば、(7) を OLS で推定することで β の一致推定量が得られることになる。OP では、 ϕ_{it} を z_{it} 、 l_{it} の 3 次多項式で近似している。¹¹²

$h_{it}(z_{it}, l_{it})$ の関数形は未知であるため、(7) に OLS を適用することで ϕ_{it} は推定できても、 α を推定することはできない。 α の推定値を得るには以下の手順を踏むことになる。一つの重要な前提は、 z_{it} は η_{it} と無相関であるだけでなく、 ω_{it} のノイズ：

$$\xi_{it} \equiv \omega_{it} - E(\omega_{it} | \omega_{it-1})$$

とも無相関であるというものである。¹¹³

ξ_{it} を用いて生産関数を書き直すと

¹¹² OP では、kernel を用いることにより ϕ_{it} を推定するやり方も試みているが、多項式を用いたときと結果に大きな差は見られなかった。後述の selection bias への対応を考慮した場合についても同じ。

¹¹³ これは、今期の資本ストック (z_{it}) が「前期の資本ストック (資本減耗分を差し引く) + l_{it-1} 」という形で定義されていることを意味する。この場合、 z_{it} は ω_{it-1} からの影響は (l_{it-1} を通じて) 受けるものの、 ω_{it} の実現値には依存しない。

$$y_{it} - \beta x_{it} = \alpha z_{it} + E(\omega_{it} | \omega_{it-1}) + \xi_{it} + \eta_{it} \quad (8)$$

となる。ところで $E(\omega_{it} | \omega_{it-1})$ は

$$E(\omega_{it} | \omega_{it-1}) = g(\omega_{it-1}) = g(\phi_{it-1} - \alpha z_{it-1}) \quad (9)$$

のように書き表すことができる。(9)を(8)に代入し、 β および ϕ_{it-1} を第 1 段階におい

て得られた推定値 $\hat{\beta}$ および $\hat{\phi}_{it-1}$ で置き換えた

$$y_{it} - \hat{\beta} x_{it} = \alpha z_{it} + g(\hat{\phi}_{it-1} - \alpha z_{it-1}) + \xi_{it} + \eta_{it} \quad (10)$$

において、 z_{it} は ξ_{it} 、 η_{it} と無相関であることから、(10) ($g(\bullet)$ は多項式で近似する)

を非線形最小 2 乗法によって推定することで、一致性のある α の推定値が得られる。

この第 2 段階の推定は、生産関数推定におけるもう一つの重要なバイアス、すなわち sample selection bias の処理を含む形に拡張できる。sample selection bias とは、我々がデータを観察できるのは、各時点において操業している企業に限られることに由来する推定上のバイアスである。もし ω_{it} があまりにも小さいと、操業を続けても利潤があげられなくなるので、退出した方が望ましいと判断されるであろう。そのためデータが観察できる企業は、一定水準以上の ω_{it} に直面したものに限られるはずである。このことから、係数の推定値には次のような影響が生じるものと予想される。Capital の規模が大きい企業の方が、同じ ω_{it} に対して得られる利潤が高く、そのためにより低い ω_{it} であっても操業を続けられるということであれば、Capital の規模が大きいほど平均的な ω_{it} は小さくなる。故に Capital の係数は過小に推定されてしまうことになる。

観察できるデータに反映されるのは、 ω_{it} の分布全体ではなくその一部に過ぎないことから、 ω_{it} の条件付期待値の計算には修正が必要になる。企業 i が t 年において操業を続けていれば 1 をとり、退出していれば 0 をとる指標を χ_{it} とすると、サンプルから得られる情報は $E(\omega_{it} | \omega_{it-1})$ についてのものではなく、 $E(\omega_{it} | \omega_{it-1}, \chi_{it} = 1)$ についてのものである。

従って第2段階の推定は、 $E(\omega_{it} | \omega_{it-1}, \chi_{it} = 1)$ を(9)と同じように、

$$E(\omega_{it} | \omega_{it-1}, \chi_{it} = 1) = E(\omega_{it} | \omega_{it-1}, \Pr(\chi_{it} = 1)) = g(\phi_{it-1} - \alpha z_{it-1}, \Pr(\chi_{it} = 1)) \quad (11)$$

という形で定式化し、やはり β および ϕ の推定値と、 $\Pr(\chi_{it} = 1)$ の推定値 P_{it} を用いて

$$y_{it} - \hat{\beta}x_{it} = \alpha z_{it} + g(\hat{\phi}_{it-1} - \alpha z_{it-1}, P_{it}) + \xi_{it} + \eta_{it} \quad (12)$$

を推定するというものになる。OP では、 $g(\bullet)$ を $(\hat{\phi}_{it-1} - \alpha z_{it-1})$ と P_{it} の多項式（交差項含む）によって近似している。

図表 2.4.1.2 は、上述の手法が内生性バイアスにどの程度対応しているかを、Within fixed effects 推定などと比較しながら示したものである（OP の Table VI）。ここでは Labor のみが可変的な投入要素であり、Capital 以下は固定的な投入要素ないし外生的な要因で、 ω_{it} とは無相関であると考えられている。3.2.2 節の議論に従えば、Labor の係数は過大に推定され、Capital の係数は過小に推定されることが予想される（ $\sigma_{xu} > 0$ かつ $\sigma_{zu} = 0$ という場合を考えている）。[a]と[b]を比べると、Within fixed effects 推定を採用することで、Labor の係数が 0.693 から 0.629 まで低下し、内生性バイアスの問題が緩和されたことが窺える。しかし同時に Capital の係数も半分以下の水準まで劇的に下がってしまい、前節で見たような Within fixed effects 推定の問題と同様の結果になっている。

これに対し、[c]（第1段階で(7)、第2段階で(10)を推定）では Labor の係数については、予想された方向でさらにバイアスの修正が行われ、0.608 と[a]と比べて 15%程度小さな値になっている。その上、Capital の係数は 0.339 と[a]に比べて 10%程度大きくなっており、Labor、Capital とも予想された方向で係数の修正がなされている。またこの結果、return to scale の指標（Labor の係数+Capital の係数）は 0.947 と、[b]の 0.779 より大幅に高く、ほぼ収穫一定の生産関数が得られている。Within fixed effects 推定とは違って、OP では x_{it} 、 z_{it} のバリエーションが十分残される形で内生性バイアスに対処しており、このことが以上のような結果に反映されていると考えられる。

さらに selection bias を考慮した推定結果（第1段階で(7)、第2段階で(12)を推定）が[d]である。第1段階での推定は同じものなので、Labor の係数は[c]で得られるものと同一である。Capital の係数については若干[c]よりも大きくなったものの、さほどの違いは見られない。¹¹⁴

¹¹⁴ OP では、ここでとりあげたものに加えて、もう一つ selection bias の問題を取り上げている。もう一つの selection bias の問題とは、サンプル期間の途中から参入する企業・途中で退出する企業

【OP の課題】

以上見てきたように、OP は Within 推定などに代わる手法として注目されており、Pavcnick (2002)、Javorcik (2004) などその応用例も増えてきている。ただし OP の手法を適用するには、企業行動についていくつか強い仮定を置かなければならない。近年では、こうした仮定の妥当性に対していくつか疑問が提示され、さらに改良していく必要が示唆されてきている。

近年なされた改良の一つは、生産性ショックの指標として設備投資以外の変数を用いるというものである。OP の手法において重要な点は、投資関数(5)が ω_{it} について単調であり、そのため逆関数(6)が定義できるということである。しかし $l_{it} = 0$ のケースではこの性質が成り立たないため、OP は $l_{it} = 0$ となるデータはサンプルから除外している。しかし、実際の企業パネルデータにおいて $l_{it} > 0$ となるものは限られており、相当数のデータを取り除かなければならない。

これに対して Levinsohn and Petrin (2003) (以下 LP) は、設備投資の代わりに原材料投入を用いて OP 流の推定を行うことを提案した (LP では、原材料投入は OP の l_{it} の代わりであると同時に、可変的な投入要素 x_{it} の一部でもある)。LP のチリのデータでは、食品工業など製造業 4 分野について、 $l_{it} > 0$ となるデータは 40% 前後にとどまるのに対し、原材料投入はほとんど全てのデータにおいて正の値が観察されている。そのため、設備投資ではなく原材料投入を生産性ショックの proxy とすることにより、推定の効率性が大きく向上すると期待できる。実際 LP では、OP と LP の手法とを比べたところ、OLS 推定量との差は OP の方が小さく、原材料投入の方がより有効な proxy として働いていると論じている。ただし LP の得た結果においては、OP と LP の推定値の差はあまり大きなものではなく、統計的に有意なものではない。

Akerberg, Caves, and Frazor (2005) および Akerberg, Benkard, Berry, and Pakes (2005) は、OP および LP の手法に対してより厳しい批判を展開している。彼らの批判の焦点は、OP および LP で置かれた ω_{it} に関する仮定に当てられている。上で見たように、関数(5)を(6)のような形に変換し、 ω_{it} を反映する観察可能な変数を見いだすこと

を含めるか否か、という選択についてのものである。OP の分析によると、この selection bias の問題は、Labor、Capital の係数ともに大きく影響する結果となっている。

ができるというのが、OP・LPの中心的なアイデアとなっている。そのためには、生産性ショックが (A)ある1つのスカラー量 ω_{it} に集約され、それが複数の企業行動に影響しており、(B)関数(5)における唯一の観察できない要因となっている、という前提が必要である。

しかしこれらの前提には、次のような重要な問題がある。(A)については、もしこれが成り立つならば、第1段階において β がidentifyされる可能性が危ぶまれるという問題であり、(B)についてはその妥当性自体が疑問であるというものである。

まず(A)に関する問題であるが、ある1つのスカラー量 ω_{it} がさまざまな変数(x_{it} 、 l_{it} 、 z_{it})の動きを規定するならば、これらの変数間で共線性の問題が生じる可能性が高くなる。もし x_{it} が ω_{it} および z_{it} のみに依存するならば(l_{it} 自身が ω_{it} および z_{it} の関数なので、 l_{it} に依存するか否かは関係ない)、 ω_{it} が l_{it} 、 z_{it} のノンパラメトリックな関数(6式)であることから、(7)において x_{it} と ϕ_{it} の間に共線性が生じてしまい、 β はidentifyされないということになる。(7)において β がidentifyされるには、 x_{it} が ω_{it} とは異なる何らかの要因(例えば各企業に固有の要素価格)に依存していなければならない。¹¹⁵

次に(B)に関する問題を見てみよう。 l_{it} の決定において ω_{it} が唯一の観察不可能な要因であるということは、投資関数は(5)の形で完全に成り立たなければならない、optimization error などが入る余地もないということである。この点については、既にGriliches and Mairesse (1998)においても批判の対象となっていたが、Akerberg, Berry, Benkard, and Pakes (2005)は、前提(B)が崩れるケースとして3つの可能性を提示している。すなわち、

- l_{it} は過去の生産性ショック ω_{it-j} の影響を受ける。
- (生産性ショックと関係のない)需要ショックに影響される。
- 生産性ショックの原因が複数あり、それぞれが別個のMarkov過程ではなく、2つの異なるMarkov過程の和となっている。

¹¹⁵ この問題は、OPよりもLPにおいてより深刻であると考えられる。LPにおいてproxyに用いられる原材料投入は、生産関数において労働などとともに x_{it} に含まれる。そのためこの問題に対処するには、同じ x_{it} の要素であるのに、原材料投入とそれ以外(労働など)とでおかれた状況が大きく異なることを示す必要がある。

というものである。3 番目のケースは、生産性ショックが（Markov 過程に従う）外生的な技術進歩と、企業の研究開発投資によって内生的に決まる部分から成り立つものと解釈することができる。こうした状況では、もはや単純に関数(5)と生産性ショックとを結びつけることはできない。生産性ショックの部分をつまくり出すためには、さらに追加的な情報（例えば 1 番目のケースであれば、需要ショックを反映する製品価格のデータ）をモデルの中に組み入れなければならない。OP ないし LP の手法を適用する際は、実際に分析する対象が置かれた状況をよく吟味し、本当に前提 (A) や (B) が成り立っているかを検討する必要がある。

（４）プロダクト・イノベーションの定量的な測定

ここではプロダクト・イノベーションを定量的に測定する手法について紹介する。離散選択モデルを使った社会厚生分析がイノベーション測定に用いられるまでは、プロダクト・イノベーションを測定する研究は数少ない。その中でも Mansfield (1977) は 17 のイノベーションについて、Bresnahan (1986) はコンピュータについて、その社会厚生への影響を調べている。2 つの研究は共に価格の下落を通じた影響を調べたものであり、プロダクト・イノベーションに特徴的な品質や性能の向上が厚生に与える影響を直接に計測したものではない。このようなプロダクト・イノベーションの特徴について厚生へ与える影響を直接的に計測できるようになったのは McFadden (1981) などにより開発された離散選択モデルおよび Lancaster (1966) による製品差別化された財の特定化が果たす役割が大きい。以下では、まずプロダクト・イノベーションによる厚生評価を Lancaster のアプローチを交えながら定式化し(4.1 節)、その上で 4.2 節にて消費者の選好を離散選択モデルで表現する方法について議論したい。

プロダクト・イノベーションの定量的把握における定義

a. 特性アプローチ

製品は特性 (Characteristics) の集合体であると考えられる。例えば、自動車はエンジン（排気量やタンク容量など）、寸法・定員、ステアリング・駆動方式、重量やその他の性能などのスペックからなっている。コンピュータは CPU やメモリの大きさ、バスの種類や DVD プレイヤーの有無などの特性からなっている。これらの特性について消費者は異なる嗜好をもつと考えられる。自動車について取上げれば、小さな子供を持つ家族を抱えている消費者は 4 輪駆動のワゴン車を望むかもしれないし、独身男性は、2 ドアタイプのスポーツカーを望むかもしれない。メールくらいにしかコンピュータを使用しない人は CPU やバスなどには余りこだわりは持たないかもしれないが、アクション系のコンピュータゲームを好む消費者は、3 次元画面の速いスピードを求めて CPU やメモリの容量にこだわるかもしれない。このように多様な嗜好を持つ消費者が、それぞれの嗜好に近い特性の組み合わせを持つ商品を、価格を勘案しつつ購入

するかどうか決定していると考えられる。価格も製品特性のひとつだと考えれば、消費者は商品の購買について判断をする際に、その商品が特性の束であると考え、それぞれの特性を評価することで総合的に商品を選択し、購入していると考えられるだろう。このような考え方を最初に提示したのは、Lancaster (1966)であるといわれており、特性アプローチ (Characteristics Approach) と呼称されることもある。

特性アプローチにおいてプロダクト・イノベーションとは、ある既存の特性が大幅に向上した、あるいは従来なかったような特性が利用可能になった、という形で特定化することができる。自動車の例を取るならば、技術の進歩によって従来のエンジンのエネルギー効率が向上したとか、あるいはコンピュータの例をとれば、CPU が第 2 世代から第 3 世代へ移行したなどという点を挙げるができる。

特性アプローチにおいて、プロダクト・イノベーションが社会余剰に与えた影響を定量的に把握するためには、当該プロダクト・イノベーションに対して消費者および生産者がどれだけの便益あるいは利潤を得たのかを定量的に推定してやる必要がある。生産者の利潤 (あるいは生産者余剰) については、生産関数と双対関係にある費用関数を用いて推計することが可能である。推計方法の本質的な部分は、(3) で述べた生産関数の推計で述べた論点とほぼ同じであるために、本報告書では詳述を避ける。ここでは、消費者がプロダクト・イノベーションによって得る便益はどのように推計できるのかについて議論をする。本報告書では生産者余剰について明示的に取り扱わないことから、特に断らない限り、社会余剰と消費者余剰とは同義であるものとして議論を進めたい。

b. 社会余剰の特定化

ある財におけるプロダクト・イノベーションに対して消費者はどれだけの便益を得ているのかを知るためには、消費者が当該財のそれぞれの特性に対してどれだけ重要性を感じているのかを知る必要がある。つまり、その財についての消費者の需要関数、あるいは需要の背景にある効用関数を知る必要がある。この点を明確にするために、我々の考える社会余剰あるいは消費者余剰とは何かを以下で特性アプローチを用いながら定式化する。

ある財のグループ (前節の例を用いれば、自動車あるいはコンピュータ) に M だけの数の財が含まれているとする。そのグループの中のある財 i ($i = 1, \dots, M$) の特性のベクトルを $s_i \equiv (z_i, p_i)$ とあらわす。但し、 $z_i \equiv (z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{iN})$ は合計 N 個にわたる

価格以外の特性のベクトルであり、 p_i は価格を表わすものとする。消費者は M 種類の

財を含むグループの特性の集合 $S \equiv (s_1, s_2, \dots, s_N)$ のなかから自分のもっとも望む財の

特性の束である s_i を購入するものとする。消費者あるいは社会がこの財グループが

ら得る余剰を $W(S)$ と表わす。

このときにプロダクト・イノベーションとは、特性の集合 S の変化であると考えられる。この変化がある時点 t 期に起こったと想定すると、特性集合の変化を S_{t-1} から S_t への変化だといえよう。新しい特性（例えば財 i において新しく付加されるようになった特性 $z_{i,N+1}$ ）がイノベーションによって財に体化されるようになったことにより生じたと考えることもできるし、あるいは既存の特性が向上したために生じた変化であるとも考えることができる。すると、時点 t 期に起こったイノベーションにより社会が得る便益 ΔW_t は次のように表わすことができる。

$$\Delta W_t \equiv W(S_{t+1}) - W(S_t)$$

そこでプロダクト・イノベーションによる社会余剰を知るためには、 $W(S)$ についての性質を知る必要があることが分かる。例えば、便宜的に $W(S)$ が特性の線形和で表現されると考えよう（以下での議論では線形ではないケースについての議論が主になる）。特性 j について代表的な消費者が付与する重要度を β_j として表わすとすれば、当該プロダクト・イノベーションにより社会が享受する便益は

$$\Delta W_t = \sum_i^M \sum_j^N \beta_j [(z_{ij})_t - (z_{ij})_{t-1}]$$

と表わされることになる。するとプロダクト・イノベーションにより享受した便益を知るためには消費者の特性から受ける限界的な効用であるベクトル β を知る必要があることが分かる。この β を市場データから推計する方法として製品差別化された財における需要関数の推計を以下で議論する。

製品差別化された財における需要関数の推計

需要関数の推計は経済分析の実証的研究において古くから中心的な役割を果たしてきた。前節においてプロダクト・イノベーションは財の特性の上昇、あるいは新しい特性の追加として捉えた。このようなプロダクト・イノベーションが消費者余剰に与える影響を調べるためには、財の特性を消費者がどのように感じるかについての情報が不可欠となる。本節では、特性が重要な役割を果たす財、つまり製品が（特性によって）差別化されているような財において消費者の需要関数を推計する手法を紹介し、あわせてプロダクト・イノベーションによる社会余剰を推測するための方法について議論する。

本節ではまず、製品差別化された財の需要関数を推計することの問題点を指摘し、それを解決するために提示された 3 つの需要関数の特定化について順に議論する。その中でも、近年注目をされている離散選択による需要関数の特定化および推計について

はやや詳細に分析をする。最後に、離散選択分析による社会余剰の定式化について議論する。

a . 問題の所在

M だけの製品が存在する市場に注目するとき、需要関数のもっとも単純な定式化は以下のような形となるだろう。

$$q = D(p; r)$$

ちなみに、 q は M の需要量のベクトル、 p は M の価格ベクトル、そして r は需要をシフトさせる変数の行列であると仮定する。需要関数の定式化において過去の文献でも、多大な努力が払われた点は、経済理論から導かれる効用最大化の原則を保持したままで、いかに関数形からの制約を受けることが少ないような定式化をするかという点であった。例えば、Rotterdam モデル(Theil, 1965)や線形支出モデル(Stone, 1954)などはそのような定式化のひとつである。

製品差別化された財の需要関数を考える際に、これらのモデルが直面した共通の問題は、財の数についてである(しばしば dimensionality problem といわれる)。需要関数形柔軟性を保ったままで、取り扱う財の数を増やしていくと(つまり M を大きくしていくと)、推計すべきパラメーターの数が急速に増加してしまい、需要関数の推計が困難になることが知られている。例えば、 $D(p) = Ap$ という線形の需要関数を考えて

みよう。但し、 A は M-by-M の推計すべきパラメーターの行列であるとする。この M^2 個のパラメーターの数は、スルツキー行列に対称性を設けたり、その他のパラメーターに対する制約を設けたりすることにより減少させることができるものの、財の数が増えれば、推計すべきパラメーターの数はその二乗で増加するという本質的な問題は残る。

この dimensionality problem に加え、上記の伝統的な需要関数の特定化については少なくとも 2 つの問題があることが知られている。ひとつは価格データに関する問題である。同じ市場にあるような製品の価格は、多くの場合、同じような動きをすることが多いことが知られている。そのために、上で記したような伝統的な需要関数の推計においては、多重共線性をもつことが多い。特に、以下で議論するように価格の内生性が問題になる場合には、それぞれの価格についての操作変数を探してくることは非常に困難であると考えられる。

2 つ目の問題として、消費者の嗜好の違いを伝統的な需要関数の推計手法では取り込むことができていないことが挙げられる。上記で仮定されているのは代表的な消費者の存在であり、消費者の嗜好が多様であるような財の場合において、代表的な消費者の仮定がどこまで現実性を持つのかについては慎重に考える必要がある。

b. 解決方法

前節で明らかにされた伝統的な需要関数の推計手法がもつ問題点、特に

dimensionality problem に対して幾つかの解決方法がすでに提示されている。その解決方法の主なものは次の 3 つである。(1)対称な代表的消費者の需要関数モデルを用いる。(2)多段階予算 (multi-stage budgeting) モデルを用いる(3)離散選択モデルを用いる。ここでは 3 つの解決方法について順に紹介する¹¹⁶。なお、(1)、(2)は特性アプローチを用いない手法であり、その点で上記に記したプロダクト・イノベーションの測定にはなじまないが、新製品の登場に関する余剰の推計に用いることは可能である。その点については、(2)の最後にて述べることにしたい。

【対称的な代表的消費者モデル】

もっとも広く使われているモデルは、Dixit and Stiglitz (1977)や Spence (1976)による代替弾力性が一定である効用関数、CES 効用関数であろう。製品間の代替の弾力性を ρ とするとき、CES 効用関数は以下のように表される。

$$U(q_1, \dots, q_M) = \left(\sum_{i=1}^M q_i^\rho \right)^{1/\rho}$$

このときに、この効用関数から導き出される代表的な消費者の需要関数は、すべての $k=1, \dots, M$ について次のようになる。

$$q_k = \frac{p_k^{-1/(1-\rho)}}{\sum_{i=1}^M p_i^{-1/(1-\rho)}} I$$

ただし、 I は代表的な消費者の (可処分) 所得である。この需要関数においては、異なる財の間の代替関係に対称性を仮定したために、dimensionality problem はなくなっている。この CES 効用関数のもとでは、消費者がどれだけ多くの財の選択に直面したとしても、推計すべきパラメーターは 1 つだけということになる。

もっともこの対称性の仮定をおくことの代償は大きなものとなる。このモデルに基づいて、需要の価格交差弾力性を計算してみると、全ての i, k, j について次のような性質を持つことが分かる。

$$\frac{\partial q_i}{\partial p_j} \frac{p_j}{q_i} = \frac{\partial q_k}{\partial p_j} \frac{p_j}{q_k}$$

つまり、任意の財がどんなにその特性の観点から見て「近い」ものであっても、価格の交差弾力性は等しいと仮定されてしまい、そのような仮定をデータに押し付けた形で推計値を求めることとなる。このような仮定から「正しい」需要の推計値を求め

¹¹⁶ おそらく 4 つ目に考えられる対処法として、dimensionality problem が問題とならないような市場や財を研究テーマに据えるという考え方がありうる。過去の研究に例をとれば、同質財の仮定を用いても問題がないような、得意な財に焦点を当てたり (Borenstein and Shepard (1996)におけるセルフサービスでの 87 オクタン精製の油) あるいは市場のある一部に注目したり (Baker and Bresnahan (1985)におけるビールの部分市場) というものがある。

ることは容易くはないだろう。

CES 効用関数よりも代替の弾力性についての仮定を緩やかにしたモデルとして、Anderson, de Palma, and Thisse (1992)によるロジット需要関数を生み出す効用関数がある。

$$U(q_1, \dots, q_M) = \sum_{j=1}^M \delta_j q_j + \sum_{j=1}^M q_j \ln q_j$$

この効用関数から生み出される需要関数は、J 個の推計すべきパラメーターがある。

この効用関数の第1項が意味するところは、消費者は最も高い δ_j を付与された財を消費することを意味している。第2項は、エントロピー項であり、この項が存在するために代表的な消費者はさまざまな財を購入することになることが分かる。このエントロピー項は全ての財を対称に扱っていることから分かるように、基本的にはこのモデルも財の間の代替の弾力性自体には対称に扱われていることが見て取れる。

この節で扱った代表的な消費者モデルは2つのモデルとも、dimensionality problem は対称性の仮定を置くことにより解消していることが分かる。財の代替関係は基本的には財の需要量（あるいはマーケットシェア）によって決定されており、財の特性は直接的には考慮されていない。このようなモデルを使うことが適当な産業あるいは市場は存在するだろうが、一方で多くの産業では財のもつ特性が複数の財の間の代替関係に影響を与えていることが考えられるだろう。

【多段階予算モデル (Multi-Budgeting Model)】

Dimensionality problem に対処するためのもうひとつのモデルは、対象とする財をいくつかのグループに分け、それぞれのサブグループについてグループ内に含まれる財について需要関数を特定化する方法である。この手法は、選好の分離性 (separability) と多段階予算性という2つの考え方に依存している。

最初の考え方である選好の分離性とは、サブグループに分けられた財に対する選好により他のサブグループにおける財の需要が影響されないということを意味する。効用関数が以下のように表されたとする。

$$U(q_1, q_2, \dots, q_M) = f[v_1(q_1, q_2), v_2(q_3, q_4), \dots, v_G(q_J, \dots, q_M)]$$

但し、 $f[\cdot]$ はある増加関数であり、 v_1, v_2, \dots, v_G はそれぞれの財のサブグループに対応する効用関数であるとする。例えば、サブグループ1は衣類、サブグループ2は飲食、サブグループGは住居に関する集合と考えることもできるだろう。このときに、消費者の需要行動はそれぞれのグループにおいて分けて考えることができるため、選好は分離性を持つといわれる。

多段階予算性とは、消費者が総支出をいくつかの段階に分けて支出するような行動様式を指す。最初の段階では、消費者はより広い商品カテゴリーの支出額を決定し、次にサブグループへの支出額を決め、更に最終的な段階で各財への支出を決めるとい

うモデルである。それぞれの段階での支出は当該グループ（あるいはサブグループや個別財）における価格に依存するというものである。

このモデルは、Hausman, Leonard, and Zona (1994)や Hausman (1996)によって差別化された財における需要関数の推計に用いられた。これらの研究はそれぞれビールおよびシリアルに関して 3 段階の多段階予算型の需要関数を用いている。最初の第 1 段階では、ビールあるいはシリアルの支出を決め、次の第 2 段階ではそれぞれのマーケットセグメントにおける支出（たとえばシリアルにおいては、家族向け、子供向け、あるいは大人向けのセグメント）を決め、そして最後の第 3 段階では、それぞれのセグメントの中の商品についての購買を決定するというモデルになっている。

第 3 段階における需要関数はしばしば Deaton and Muellbauer (1980)が開発した AIDS モデルが仮定されている。このとき財 $i = 1, \dots, M$, セグメント g , 地域 $c = 1, \dots, C$, 時点 $t = 1, \dots, T$ における需要関数は次のように表わされる。

$$s_{jct} = \alpha_{jc} + \beta_j \log \left(\frac{y_{gct}}{P_{gct}} \right) + \sum_{k=1}^M \log p_{kct} + \varepsilon_{ict}$$

但し、 s_{jct} はセグメント全体に占める支出のシェア、 y_{gct} は一人当たりのセグメントへの支出額、そして P_{gct} は以下で定義するような価格指数、 p_{kct} は財 k の価格をさす。

この需要関数は、個人の選好を解析的に統合できるばかりか、0 次同次性や対称性などの仮定を取りこむことができ、その意味で柔軟性に優れている。 P_{gct} は 2 つの表現

の仕方（Stone 価格インデックス： $P_{gct} = \sum_{k \in g} s_{kct} \log p_{kct}$ 、あるいは Deaton and

Muellbauer のインデックス： $P_{gct} = \alpha_0 + \sum_{k \in g} \alpha_k p_k + \frac{1}{2} \sum_{j \in g} \sum_{k \in g} \gamma_{kj} \log p_k \log p_j$ ）がある

が、どちらを用いても結果に大きな違いがないことが知られている（Deaton and Muellbauer, 1980）。

中間である第 2 段階における需要関数は、サブグループ間の支出の配分を決めるモデルである。この需要関数においては、それぞれのサブグループにて総計された価格と支出額とを変数として用い、上述した AIDS モデルを用いることが多い。AIDS モデルの代わりに、Hausman, Leonard, and Zona (1994)や Hausman (1996)は以下のような Log-log 需要関数を用いている。

$$\log q_{gct} = \beta_g \log y_{Rct} + \sum_{k=1}^G \delta_k \log \pi_{kct} + \alpha_{gc} + \varepsilon_{gct}$$

なお、 q_{gct} は町 $c (= 1, \dots, C)$ の四半期 $t (= 1, \dots, T)$ におけるサブグループ $g (= 1, \dots,$

G)でのシリアル消費量を表わし、 π_{kct} はサブグループにおける価格指数を表わす(価格指数は上述の Stone 価格指数や Deaton and Muel Ibaauer の価格指数を用いる)。先に説明した第3段階における AIDS 需要関数との整合性を保つために、第2段階における需要関数は分離性を持たなければならないことが知られている。

第1段階における需要関数は以下のように特定化される。

$$\log q_{ct} = \beta_0 + \beta_1 \log y_{ct} + \beta_2 \log \pi_{ct} + Z_{ct} \delta + \varepsilon_{ct}$$

なお、 q_{ct} は町 $c (=1, \dots, C)$ の四半期 $t (=1, \dots, T)$ におけるシリアル消費量を表わ

し、 y_{ct} は実質所得、 π_{ct} はシリアルの価格指数、そして Z_{ct} は需要をシフトさせるよう

な外生的な変数ベクトルを表わす。

多段階予算モデルは、のちに見る離散選択モデルに比較して伝統的な需要関数モデルに近く、よって理解しやすい点がある。しかしながら、いくつかの欠点も存在する。まず第1に、財をいくつかのサブグループに区別する必要があるが、その分類の仕方についてはある程度主観的な判断をせざるを得ない。第2に、AIDS モデルには端点解は存在しない。現実のデータでは必ず購買されないような商品がでてくることが多いが、AIDS モデルにおいては、消費者はすべての財を購入することが仮定されてしまっている。

上で紹介した(1)(2)の需要モデルでは財の特性は明示的に需要関数の中には入っていない。そのために特性アプローチで紹介したような財の特性の変化に代表されるようなイノベーションについての余剰を推計することは困難である。しかしながら、Hausman, Leonard, and Zona (1994)や Hausman (1996)などが行っているように、新製品の登場における社会余剰の推計を行うことは可能である。その手法について以下に簡単に紹介したい。

【新製品登場による余剰への影響】

1940年に Hicks は、品質調整済みの消費者物価指数の作成に関連して、新製品登場による価格指数へのバイアスの可能性を指摘した。すでに消費者物価指数を作成する際の消費バスケットには入っている財・サービスに関しては、その品質を保持したままの価格を消費者物価指数に反映させるように、ヘドニック分析などにより品質を調整させることができるが、新製品については、それ以前に比較する製品が存在しないために、価格指数として接続することが難しいことが知られている。Hicks は、新しい製品が市場に投入される前は、新製品に対して需要がなかったことから、その需要がなくなるだけの価格を新製品投入前の影の価格 (Shadow Price) と考えるべきだと提唱した。

たとえば、 t 期になって初めて新製品 $M+1$ が登場したとしよう。すると、 t 期におけ

る財 M+1 に対する需要は

$$x_{M+1} = g(p_1, \dots, p_M, p_{M+1}, I)$$

とあらわされる。さて、t-1 期には財 M+1 は存在しなかったが、この状況は新製品の需要がゼロになってしまうくらいの価格 p_{M+1}^* が財 M+1 につけられていたと言い換えることができる。つまり、

$$0 = x_{M+1} = g(p_1, \dots, p_M, p_{M+1}^*, I)$$

このように考えると、新製品が登場したことによる消費者の効用の変化は、(1)や(2)で述べた需要関数に対応する支出関数 (Expenditure Function) を用いてあらわすことができる。つまり、t 期において効用水準 u^1 を保つために必要な支出額は、

$$I = e(p_1, \dots, p_M, p_{M+1}, u^1)$$

とあらわせる。新製品が登場する前の t-1 期において効用水準 u^1 を保つために必要な支出額は次のように書ける。

$$I^* = e(p_1, \dots, p_M, p_{M+1}^*, u^1)$$

そこで、新製品が登場したことによる消費者の得る余剰は、 $I^* - I$ として書き表すことができるだろう。

(3) 離散選択モデル

ここでは(1)(2)で紹介したモデルで仮定していたのと同様に、利用可能なデータは市場レベルのデータであるものとして議論をすすめる¹¹⁷。消費者 i ($= 1, \dots, N$) が財 1, ..., 財 J のいずれかを 1 単位だけ購買することを考えているものとする。消費者はどの財も購買しないという選択をすることも可能であり、そのときは便宜的に財 0 (Outside Option) を購買するものと仮定する。そのとき、消費者が財 j ($= 1, \dots, J$) から得る間接効用関数が以下のように書けるものとする。

$$u_{ij} = (cx_{ij})\gamma + x_j\beta - \alpha p_j + \xi_j + \varepsilon_{ij} \quad (D1)$$

但し、 $cx_{ij} (\in R^J)$ は、財 j を購入する消費者 i の属性の集合 (例えば年齢や家族構成など) を表わし、 $x_j (\in R^K)$ は分析者が観測可能な財 j の属性の集合を表わすものとする。 $\xi_j (\in R^1)$ は、観察可能な財の特性のベクトル x_j では捕らえることのできないよう

¹¹⁷ もちろん、消費者個人の購買行動を記述したデータを用いて離散選択モデルを応用することも可能である。

な、分析者には観測不能な品質に対する消費者の平均的な評価をあらわす。 β および ε_{ij} は分析者が観察することができない消費者特有の嗜好を表わすパラメーターである

とし、 ε_{ij} は平均 0 で分布している。 α は価格の感応度を表わすパラメーターである。こ

こでは α や β は異なる消費者で共通の値をとると仮定しているが、一方で消費者は価格や財の特性などに関してさまざまに異なる嗜好をもっていると考えられる。このような異なる嗜好を明示的に取り込むことは可能であり、そのようなモデルをランダム係数離散選択モデル (Random coefficient discrete choice model) と呼ぶが、ここでの紹介は紙面の都合もあり割愛する。もちろん、第 5 章で議論するような実際のデータに応用する際には、ランダム係数離散選択モデルを用いることが適当な状況もでてくることが想定される。(D1) は次のように書きあらわすことにしたい。

$$\begin{aligned} u_{ij} &= (x_j \beta - \alpha p_j + \xi_j) + (cx_{ij}) \gamma + \varepsilon_{ij} \\ &\equiv \delta_j + v_{ij} + \varepsilon_{ij} \end{aligned}$$

このとき、財 j に対する需要関数はどのようにあらわせるであろうか？ここでは、消費者は選好に基づいて行動をとると考え、財 j を購入する消費者は、他の財を購入するよりも効用が高くなるから財 j を購入していると考え。これは顕示選好の考え方と同様である。すると、財 j を購入する消費者については次のような関係式が成立しているはずである。

$$u_{ij} \geq u_{is}, \text{ for } s \neq j$$

あるいは

$$\begin{aligned} \delta_j + v_{ij} + \varepsilon_{ij} &\geq \delta_s + v_{is} + \varepsilon_{is} \\ \Leftrightarrow (\delta_s - \delta_j) + (v_{is} - v_{ij}) &\geq \varepsilon_{is} - \varepsilon_{ij}, \text{ for } s \neq j \end{aligned} \quad (D2)$$

ところで、(D2) 式は消費者 i が財 j を購入する確率を示している。消費者の属性 v_{ij} の分布でウェイトをとる形で (D2) を積分することにより、財 j の選択される確率を計算することが可能である。この確率とは、実は (Outside Option を選択した消費者を含む形での) マーケットシェアということになる。推計は、(D2) から計算される確率と、マーケットシェアのデータとを近づけるようにパラメーター α, β, γ を推計してやるということになる¹¹⁸。

(D2) から財 j の選択確率を求める際には、誤差項である ε_{ij} にどのような仮定をおくかが重要になる。ここでは、典型的な 2 つの分布形について議論する。なお、以下

¹¹⁸ 市場レベルのデータを用いるような本報告書のケースでは一般モーメント法 (Generalized Method of Moments) を用いることが通例である。本報告書では紙面の都合から一般モーメント法についての解説は行わない。

では購買しないときの消費者の効用(つまり Outside Option を選択した消費者の効用)を 0 とする。もちろん、この仮定の妥当性については個々の実証研究であつかう事象により異なることが考えられるため、研究を行なう際にきちんと確かめておく必要あるだろう。

【ロジット (logit) モデル】

誤差項である ε_{ij} が独立かつ同一に極値分布をとるものとする(つまり $\exp(-\exp(-\varepsilon))$ であるとする)。消費者の属性変数である v_{ij} を当座無視して考えると、(D2) から得られる財 j のマーケットシェアは次のように書ける。

$$s_j = \frac{\exp(\delta_j)}{\sum_{k=0}^M \delta_k}$$

先ほどの仮定どおり、 $\delta_0 = 0$ と仮定すると、 $s_0 = 1 / \sum_l \exp(\delta_l)$ となるため、財 j の需要関数は、

$$\begin{aligned} \ln(s_j) - \ln(s_0) &= \delta_j \\ &= x_j \beta - \alpha p_j + \varepsilon_{ij} \end{aligned}$$

となる。これは線形の需要関数であるが、特徴的な点は、需要関数のパラメーターを推計することで効用関数のパラメーターを知ることが出来る点である。このモデルの推計の際には、価格の内生性の問題などパラメーターの識別には十分な配慮が必要である。

このロジットモデルから得られる推定値を基にして、社会余剰を推計することも可能となる。ロジットモデルにおける社会余剰は、

$$W_{(\log it)} = \frac{\ln \left(\sum_k \exp(\delta_k) \right)}{-\alpha}$$

と書ける。前節の $W(S)$ は、ロジットモデルでは $W_{(\log it)}$ となる。そこでロジットモデルにより、プロダクト・イノベーションを推計することが可能である。

ロジットモデルの問題点として、自己弾力性が当該財の δ のみにしか依存しない点、および任意の財の需要の交差価格弾力性がそれぞれの財の δ にのみにしか依存しない点がある。特に後者の点を IIA (Independent Irrelevant Alternatives) と呼ぶが、これらの性質は消費者行動を考える際に現実味がない性質であるといわれている。これらの性質をはずすためのひとつのモデルが、入れ子型ロジットモデルである。

【入れ子型ロジット (nested logit) モデル】

つぎに、財を幾つかのサブグループに分ける場合について考えた。注目する市場や財によっては、すべての財を同等に扱うのではなく、セグメントした方が理にかなっているケースがありうる。例えば Ohashi (2003) における 1980 年代における VTR の分析では、VTR の製品をその技術的特性から VHS と Beta とにセグメントして分析している。どのようなセグメントをとるべきかについては統計的なテストが存在するが、ここでは議論しない。

仮にここでは 2 段階の入れ子型のモデルを考え、そのセグメントを g ($=1, \dots, G$) とあらわすことにする。先述の VTR の場合では、 g は VHS と Beta との 2 つがあると考えるのが適当だろう。このときにそれぞれのセグメント g のマーケットシェア s_j^g 、およびセグメント g の中における財 j のマーケットシェア s_j^g は次のように書ける。

$$s_j^g = \frac{D_j^{1-\sigma}}{\sum_h D_h^{1-\sigma}}, \quad s_j^g = \frac{\exp\left(\frac{\delta_j}{1-\sigma}\right)}{D_g}, \quad \text{where } D_g = \sum_{l \in g} \exp\left(\frac{\delta_l}{1-\sigma}\right)$$

ロジットモデルでの仮定同様、購買しなかった消費者が得る効用を 0 とすると、購買しなかった消費者の割合は $s_0 = \frac{1}{\sum_h D_h^{1-\sigma}}$ とかける。そこで、入れ子型ロジットモデル

における需要関数は、 $\ln(s_j) - \ln(s_0) = \delta_j + \sigma \ln(s_j^g)$ と書くことができる。価格の内生性の問題に加え、 s_j^g は左辺の変数である s_j を含むことから $\ln(s_j^g)$ にも内生性の問題がでてくることには注意が必要である。

推計の結果、先のロジットモデルと同様に社会余剰を計算することが可能になる。

$$W_{(n \log it)} = \frac{\ln\left(\sum_g D_g^{1-\sigma}\right)}{-\alpha}$$

入れ子型ロジットモデルについて更に消費者の異質性や、財の間の代替の弾力性により Flexibility を設けた形のランダム係数離散選択モデルなども存在するが、それらの紹介については Nevo (2000) などに譲ることにしたい。

(5) イノベーション測定に向けての今後の課題と方向性

本稿では、プロセス・イノベーションとプロダクト・イノベーションの双方について、その定量的把握の手法について、過去の文献のサーベイを試みると共に、そのサーベイから浮き彫りにされている問題点について議論をした。市場データを用いたイ

ノベーションの定量的な測定を行う際には、本報告書で取り上げた手法のメリット・デメリットを考慮しながら分析を進めていくことが望ましい。

ミクロ計量経済分析の手法を用いたイノベーションの定量的な測定を行う際には、特定のイノベーションの具体的な事象・事例に焦点を当てて分析を行う必要がある。その際は、プロセス・イノベーションとプロダクト・イノベーションの双方について、本報告書で述べた分析手法を用いて研究を行うことが望まれる。具体的には、プロセス・イノベーションについては鉄鋼産業に導入された製鋼技術に注目をし、プロダクト・イノベーションについては家電産業などにおける新製品あるいは新サービスの導入についての社会余剰の向上について、分析が必要である。鉄鋼産業については、小田切・後藤（1998）や中岡哲郎（2006）などに詳しく、またプロダクト・イノベーションについての知見は、後藤（1993）や後藤・長岡（2003）などでも得られている。

既存の研究をベースとしながら、本稿で述べたイノベーション測定の手法をもとにして研究を進めていくことが必要である。

参考文献

（英語）

Akerberg, D., D. Benkard, S. Berry, and A. Pakes, 2005, “Econometric Tools for Analyzing Market Outcomes,” mimeo.

Akerberg, D., K. Caves, and G. Frazor, 2005, “Structural Identification of Production Functions,” mimeo.

Arellano, M, and S. Bond, 1991, “Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations,” *Review of Economic Studies*, 58: 277-97.

Anderson, S.P., A. de Palma, and J.F. Thisse, 1992, *Discrete Choice Theory of Product Differentiation*, MIT Press.

Baker, J. and T. Bresnahan, 1985, “The Gains from Merger or Collusion in Product Differentiated Industries,” *Journal of Industrial Economics*, 33(4): 427-444.

Blundell, R.S., and S. Bond, 1998, “Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models,” *Journal of Econometrics*, 87(11): 115-143

Borenstein, S, and A. Shepard, 1996, “Dynamic Pricing in Retail Gasoline Markets,” *Rand Journal of Economics*, 27: 429-51.

Bresnahan, T. 1986, “Measuring the Spillovers from Technical Advance: Mainframe

Computers in Financial Services," *American Economic Review*, 76(4): 742-55.
Chamberlin, G. 1982, "Multivariate regression models for panel data," *Journal of Econometrics*, 18: 5-46.

Cobb, C. W. and Douglas, P. W. 1928, "A theory of Production Function," *American Economic Review (Suppl)*, 18: 139-72.

Deaton, A. and J. Muellbauer, 1980, "An Almost Ideal Demand System," *American Economic Review*, 70: 312-26

Dixit, A. and J. E. Stiglitz, 1977, "Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity," *American Economic Review*, 67: 297-308

Fisher, F., and K. Shell., 1998, *Economic Analysis of Production Price Indexes*, Cambridge, England.

Griliches, Zvi. 2000, *R&D, Education, and Productivity*, Harvard University Press
Griliches, Z. and J. Mairesse. "Production Functions: The Search for Identification," In *Econometrics and Economic Theory in the 20th Century*, edited by Steiner Strom.

Hausman, J. 1996, "Valuation of New Goods Under Perfect and Imperfect Competition," In T. Bresnahan and R. Gordon, eds., *The Economics of New Goods*, Studies in Income and Wealth, Vol 58, Chicago: National Bureau of Economic Research

Hausman, J., G. Leonard, and J. D. Zona, 1994, "Competitive Analysis with Differentiated Products," *Annales D' Economie et de Statistique*, 34: 159-80
Hick, J. R., 1940, "The Valuation of the Social Income," *Economic Journal*.

Javorcik, B. S., 2004, "Does Foreign Direct Investment Increase the Productivity of Domestic Firms? In Search of Spillovers through Backward Linkage," *American Economic Review*, 94: 605-27.

Kendrick, J. W. 1956, *Productivity Trends: Capital and Labor*. New York: National Bureau of Economic Research

Khaneman, D., J. Knetsch, and R. Thaler. 1986, "Fairness as a Constraint on Profit Sharing," *American Economic Review*, 76: 154-163.

Kuznets, S. S. 1930, *Secular Movements in Production and Prices*, Boston: Houghton Mifflin.

- Levinsohn, J. and A. Petrin, 2003, "Estimating Production Functions Using Inputs to Control for Unobservables," *Review of Economic Studies*, 70: 317-41.
- Louviere, Jordan J., David A. Hensher, and Joffred D. Swait, *Stated Choice Methods*, 2003, Cambridge University Press
- Mairesse, J., 1990, "Time series and cross sectional estimates on panel data: Why are they different and why should they be equal?" In: *Panel Data and Labor Market Studies*, ed, J. Hartog et. Al., 81-95. Amsterdam, North Holland.
- Mansfield, Edwin. 1968, *Industrial Research and Technological Innovation: An Econometric Analysis*, WW. Norton & Company
- Marschak, J. and Andrews, W. 1944, "Random Simultaneous Equations and the theory of production functions," *Econometrica* 6: 143-205
- McFadden, D. 1981, "Econometric Models of Probabilistic Choice," In *Structural Analysis of Discrete Data with Econometric Applications*, ed. C. Manski and D. McFadden. Cambridge, Mass. MIT Press
- Nevo, A. 2000, "A Practitioner's Guide to Estimation of Random-Coefficients Logit Models of Demand," *Journal of Economics and Management Strategy*, 9(4): 513-548.
- Ohashi, Hiroshi. 2003, "The Role of Network Effects in the U.S. VCR Market, 1978-86," *Journal of Economics and Management Strategy*, 12(4): 447-494.
- Olley, S. and A. Pakes, 1996, "The dynamics of productivity in the telecommunications equipment industry," *Econometrica*, 64: 1263-97.
- Pavcnik, N., 2002, "Trade Liberalization, Exit, and Productivity Improvements: Evidence from Chilean Plants," *Review of Economic Studies*, 69: 245-76.
- Rogers, E.M. 1995, *Diffusion of Innovations*, Fourth Edition, Free Press, New York.
- Schmookler, Jacob, 1966, *Invention and Economic Growth*, Harvard University Press
- Scotchmer, Suzanne, 2004, *Innovation and Incentives*, MIT Press
- Solow, R.M. 1957, "Technical Change and the Aggregate Production Function," *Review of Economics and Statistics*, 39(3): 312-320
- Soneman, Paul, 2001, *The Economics of Technological Diffusion*, Blackwell, Oxford

Spence, M, 1976, "Product Selection, Fixed Costs, and Monopolistic Competition," *Review of Economic Studies*, 43: 217-235

Stone, J, 1954, "Linear Expenditure Systems and Demand Analysis: An Application to the Pattern of British Demand," *Economic Journal*, 64: 511-27

Theil, H. 1965, "The Information Approach to Demand Analysis:," *Econometrica*, 6: 375-80

Trajtenberg, Manuel. 1990, *Economic Analysis of Product Innovation: The Case of CT Scanners*, Harvard University Press

(邦語)

小田切宏之、後藤晃 (1998)「日本企業の進化」東洋経済新報社

後藤晃 (1993)「日本の技術革新と産業組織」東京大学出版会

後藤晃、長岡貞男 (2003)「知的財産制度とイノベーション」東京大学出版会

中岡哲郎 (2006)「日本近代技術の形成」朝日新聞社

図表 2.4.1.1 アメリカの経済成長における「残差」の推定値
(1940 - 50 年代の研究から)

TOTAL ECONOMY				AGRICULTURE		
SOURCE	PERIOD	IN OUTPUT PER		SOURCE	PERIOD	IN OUTPUT
		OUTPUT	EMPLOYEE OR EMPLOYEE HOUR			
Tinbergen (1942)	1870-1914	27	100			
Stigler (1947), selected man- ufacturing industries	1904-1937	n.a.	median 89	Barton and Cooper (1948)	1910-45	57
Schmookler (1952), manuf.	1869-1938	37	n.a.	Johnson (1950)	1900-20	24
	1969-1928	31	88		1923-29	50
					1940-48	50
Fabricant (1954)	1870-1950	n.a.	92	Ruttan (1956)	1910-50	
					beg. wts.	88
					end wts.	71
Kendrick (1955), manuf.	1899-1948		87			
Abramovitz (1956)	1869-1878	48	86			
	to 1944-53					
Solow (1957)	1909-1949	52	88			

Note: n.a. = not available; beg. wts. = beginning period weights; end wts. = end of period weights.

Griliches (2000)より引用。

図表 2.4.1.2 Olley and Pakes の手法による内生性バイアスの処理
Olley and Pakes (1996), Table VI より抜粋。

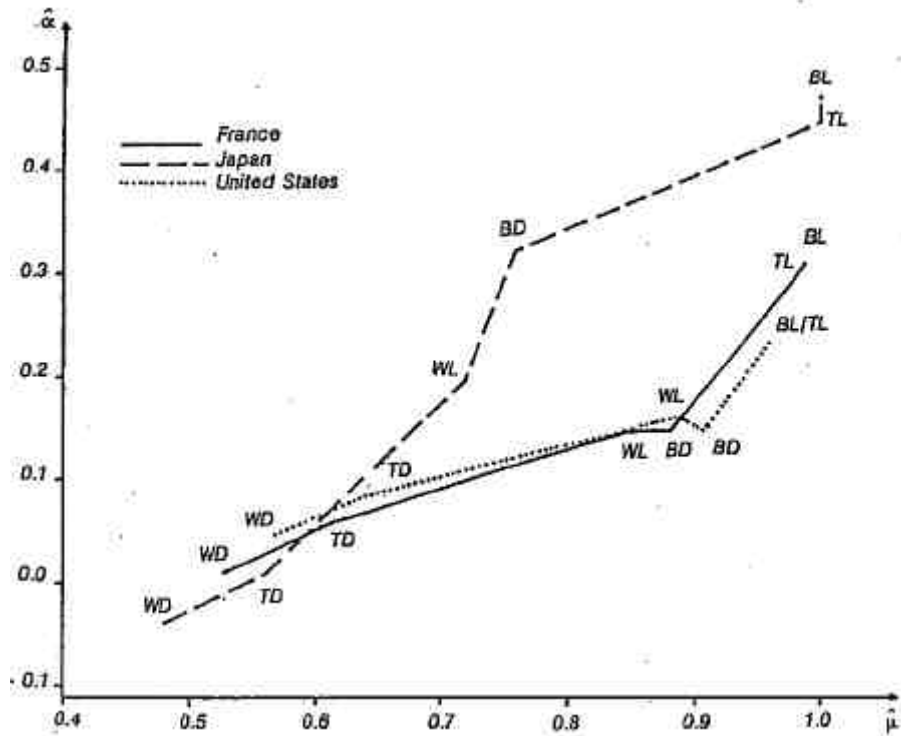
	[a]	[b]	[c]	[d]	
Estimation Procedure	OLS	Within	Olley=Pakes	Olley=Pakes selection	+
Labor	0.693 (0.019)	0.629 (0.026)	0.608 (0.027)		
Capital	0.304 (0.018)	0.150 (0.026)	0.339 (0.030)	0.342 (0.035)	
Age	-0.005 (0.03)	-0.008 (0.017)	0.000 (0.004)	-0.001 (0.004)	
Time	0.016 (0.004)	0.026 (0.017)	0.011 (0.010)	0.044 (0.019)	
#Obs.	2592	2592	1758	1758	

[c]、[d]では Investment>0 となっているサンプルのみについて推定している。

図表 2.4.1.3 様々な手法を用いて得られた

資本係数の推定値 $\hat{\alpha}$ と規模の経済の推定値 $\hat{\mu}$:

日本、フランス、アメリカのデータを用いた比較結果



注： TL, BL, WL, TD, BD, WD の定義については本文を参照のこと。

Mairesse (1990)より引用

2.4.2 研究開発・イノベーションと生産性上昇

【深尾京司（一橋大学 経済研究所 教授）】

【権 赫旭（日本大学 経済学部 講師）】

（１）はじめに

イノベーションは多くの場合、生産性を上昇させる結果を持つと考えられている¹¹⁹。しかしながら、イノベーションは天から降ってくるものではないことは言うまでもない。イノベーションを発生させるためには投資が必要である。その投資は一般的には研究開発投資と言われている。持続的な研究開発投資により蓄積された技術知識ストックが製品、及び工程イノベーションを起こし、その結果として、国、産業、企業の実産性が上昇することになる。さらに、莫大な研究開発投資を行った結果得られた技術知識から生まれる収益を、技術知識の公共財的な性質により専有できないために、ある国、産業、企業で起きたイノベーションは、努力した主体の実産性上昇に正の影響を及ぼすことのみにとどまらず、他の国、産業、企業の実産性上昇にも寄与する。このような現象を技術知識のスピルオーバー効果と呼ぶ¹²⁰。

研究開発投資によりイノベーションが発生し、生産性上昇が起こる関係性に関してはコンセンサスがあるが、研究開発投資の実産性上昇への効果を、研究開発投資がイノベーションに及ぼす効果とイノベーションが実産性を上昇させる効果に分けて分析した研究は、我々が知る限り存在しない。その代わりに、多くの既存研究では、研究開発投資により蓄積された技術知識ストックと生産性上昇の間の伝播過程を省略し、技術知識ストックと生産性上昇の関係を検証してきている。本論文では、このような過去の研究をサーベイする事にする¹²¹。

イノベーションの源泉である技術知識ストックからは、本来持っている公共財的な性質からスピルオーバー効果が発生する。このスピルオーバー効果により生産性の上昇がより大きくなることは、多くの既存研究で確認されている。スピルオーバー効果による生産性の上昇に関する研究も、技術知識ストックと生産性上昇の関係を分析した枠組の中に、スピルオーバーの要因を含めて、イノベーションについては直接測定することなく、技術知識ストックがスピルオーバーを通じて生産性を上昇させる関係が分析されてきている。本論文では、これらのスピルオーバーに関する実証研究の結果も概観する。

技術知識ストックの効果を推計した既存研究は、用いたデータの形態(パネル、横断面)、推計方法、分析単位(企業、産業、国)等に依存する。したがって、この分野の既存研究を一つの論文で全て概観することは、ほぼ不可能な仕事である。

この論文では、二つの観点に焦点をおきながら既存研究をサーベイする。第一に、技

¹¹⁹ 製品イノベーションと工程イノベーションは完全に区別できるものではなく、同時に起こる可能性が高い。

¹²⁰ この論文では、国際間、地域間や産学間のスピルオーバー効果に関しては考慮していない。

¹²¹ イノベーションが発生しても必ずしも生産性を上昇させるとは限らない。例えば、工程イノベーションがあったとしても、企業内の労働システムや経営組織などにより費用削減行動が制約される可能性は十分ありうる。また製品イノベーションの場合、それが需要者に大きな利益を与える場合でも、統計上正しく捉えられない可能性がある。

術知識ストックの生産性への効果を推計する際に、生産関数のフレームワークを利用するアプローチ（Primal アプローチ）を用いた既存研究の結果についてサーベイをする¹²²。第二に、産業レベルのスピルオーバー効果に関しては、産業連間表の内生部門を用いた IO フロー・マトリックスと固定資本マトリックスや特許を利用して推計された技術フロー・マトリックスを利用した研究に限定して紹介する。産業間 R&D スピルオーバー効果を計測する時に使われるウエイトとしては、IO フロー・マトリックスと技術フロー・マトリックスが先行研究でよく利用されてきたためである。一方で、企業レベルのデータを用いる場合には、技術距離の近さのウエイトがよく利用される。そのため、企業レベルデータを用いる研究に関しては、技術距離でスピルオーバー効果を計測した研究結果を紹介する。

（２）実証分析の枠組

この節では Primal アプローチの枠組を簡単に紹介する。

まず、知識資本ストックの 1%上昇に対して生産や労働生産性が何%上昇するかを示す技術知識ストックの弾力性は、技術知識ストックをもう一つの生産要素として考慮したコブ=ダグラス型生産関数の推計により求められる。この方法は産業レベルデータの分析よりも、企業レベルの分析に主に用いられる傾向がある。したがって、ここでは企業レベルのデータを用いる場合の定式化を紹介する。このような生産関数の推計には競争的な要素市場や費用最小化、また収穫一定の仮定を課す必要がないという利点がある。

コブ=ダグラス型生産関数を以下のように表す。

$$Y_{it} = A_i K_{it}^{\alpha} R_{it}^{\beta} L_{it}^{\gamma} e^{\theta_i + \lambda t + \mu_{it}} \quad (1)$$

ただし、Y は付加価値額、K は資本ストック、L は労働投入、R は技術知識ストックとする。また、A は産業・企業の技術レベルを表し、 θ_i は企業固有效果、 λt は時間固有效果、そして、技術変化に内包されないショックを μ_{it} とする。なお、下付記号の i と t はそれぞれ産業・企業と時間を表すものとする。

(1) 式の両辺を自然対数に変換すると以下の式が得られる。

$$\log Y_{it} = \log A_i + \theta_i + \lambda t + \alpha \log K_{it} + \beta \log R_{it} + \gamma \log L_{it} + \mu_{it} \quad (2)$$

(2) 式の一階の差分をとると、以下のような式が求められる。

$$\Delta_1 \log Y_{it} = \lambda + \alpha \Delta_1 \log K_{it} + \beta \Delta_1 \log R_{it} + \gamma \Delta_1 \log L_{it} + \mu_{it} \quad (2')$$

¹²² 費用関数を利用するアプローチである Dual アプローチもある。このアプローチは技術知識ストックや資本ストックの産業別、企業別のユーザー・コストが必要となるため、既存の研究結果は Primal アプローチより少ない。

ただし、 $\Delta_1 X = X_t - X_{t-1}$ とする。

上記のような生産関数の推計により、各生産要素に対する生産の弾力性を求めることができる。しかし、この定式化では生産要素に対する規模の経済性を考慮することができない。規模の経済性を考慮に入れるために(1)式を少し変形した次のようなコブ=ダグラス型生産関数を導入する。

$$Y_{it} = A_i K_{it}^\alpha R_{it}^\beta L_{it}^{(1-\alpha-\beta+\gamma)} e^{\theta_i + \lambda t + \varepsilon_{it}} \quad (1')$$

(1')式の両辺を自然対数に変換し、労働投入で除すと、

$$\log\left(\frac{Y}{L}\right)_{it} = \log A_i + \theta_i + \lambda t + \alpha \log\left(\frac{K}{L}\right)_{it} + \beta \log\left(\frac{R}{L}\right)_{it} + \gamma \log L_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

となる。ただし、 γ は規模の経済性を表すパラメータである。この係数が統計的に有意となる時は、規模に関する収穫が一定であるという帰無仮説が棄却されることを意味する。また、 γ の値が正の値の時は規模に関して収穫逓増、負の値の時には規模に関して収穫逓減を意味することとなる。

(3)式の一階の差分をとれば、以下の式が求められる。

$$\Delta_1 \log\left(\frac{Y}{L}\right)_{it} = \lambda + \alpha \Delta_1 \log\left(\frac{K}{L}\right)_{it} + \beta \Delta_1 \log\left(\frac{R}{L}\right)_{it} + \gamma \Delta_1 \log L_{it} + \Delta_1 \varepsilon_{it} \quad (3')$$

(2)、(3)式は経営の質と構造、ブランドイメージ、マーケットネットワークなどといった企業間の差を示す企業固有効果の偏りをコントロールすることができる固定効果モデル (within estimate と呼ばれる) を利用して推計を行う。Hall and Mairesse (1995)、Mairesse and Hall (1996) と Harhoff (1998) では、この手法をそれぞれフランスの製造企業、フランスと米国の製造企業、ドイツの製造企業に用いている。ただし、固定効果の推定には、自由度が大幅に低下することや、ダミー変数の多さから変数間の多重共線性の問題が生じることなどの欠点もある (Baltagi (2001) 参照)。また、Branstetter (2001) は変数に測定誤差を含むとき、固定効果モデルは深刻な偏りを生じさせることを指摘している。

固定効果モデルの弱点を改善するために、(2')、(3')式のように差分をとることで企業固有効果を排除した一階の差分推定 (first differencing estimators) の推計を行う場合が多くある。もし、企業固有効果と説明変数との相関がなければ、固定効果推定は一階差分推定より有効である。他方で、もし企業固有効果に相関がある時には、一階差分推定のほうが適切となる (Wooldridge (2000) を参照)。というのは、一階差分推定は企業固有効果と説明変数間に相関があっても一致推定量となるからである。

固定効果モデルと一階の差分推定によっても、同時性 - 産出・投入の同時決定 - による統計的な偏りが生じる問題は解決できない。最近の解決策としては、一階の差分推定式に適当な操作変数を提供する GMM 手法がよく用いられる (Blundell and Bond (1998))。

次に、研究開発が 1 単位上昇する時に生産性の変化分を表す技術知識ストックの収益率を推定するアプローチがある。このアプローチの利点としては、技術知識ストックの測定誤差の問題を回避することがあげられる。

知識資本の収益率を推計するために、まず、以下のような推定式を考える。

$$\Delta_1 \log Y_{it} = \lambda + \alpha \Delta_1 \log K_{it} + \beta \Delta_1 \log R_{it} + \gamma \Delta_1 \log L_{it} + \Delta_1 \varepsilon_{it} \quad (4)$$

(4) 式は、産出と技術知識ストックを含む各生産要素を関数として表したものである。

定義より、技術知識ストックの弾力性を、

$$\beta = \frac{\partial Y}{\partial R} \frac{R}{Y} = \rho \frac{R}{Y} \quad (5)$$

として表すこととする。減価償却率が 0 であれば、技術知識ストックは研究開発支出額と一致する。したがって、(5)式の右辺の 2 番目の式の技術知識ストック R は研究開発支出額 E に変更できる。

(5) 式を (4) 式に代入すると、

$$\Delta_1 \log Y_{it} = \lambda + \alpha \Delta_1 \log K_{it} + \rho \left(\frac{E}{Y} \right)_{it} + \gamma \Delta_1 \log L_{it} + \Delta_1 \varepsilon_{it} \quad (6)$$

を得る。ただし、E は企業 i の t における研究開発支出額とする。

(6) 式を次のように変形し、技術知識ストックの収益率を推計する場合も多く存在する。

$$TFPG = \Delta_1 \log Y_{it} - \alpha \Delta_1 \log K_{it} - \gamma \Delta_1 \log L_{it} = \lambda + \rho \left(\frac{E}{Y} \right)_{it} + \eta_{it} \quad (7)$$

(7) 式における α, γ は資本と労働の分配シェアである。

スピルオーバー効果は技術知識ストックの生産性への寄与の測定と同様に、コブ=ダグラス型生産関数に生産要素としてスピルオーバーストックを考慮し、上記のような式の展開を通じて推計することができる。

(3) 研究開発と生産性上昇の実証分析

イノベーションのインプットとしての研究開発とアウトプットとしての生産性上昇に関する実証分析は、産業レベルのデータを用いたものと、企業レベルのデータを用いたものに分けられる。ここでは、産業レベル、企業レベルの順に、研究開発が生産性上昇に及ぼす効果を実証した研究をまとめる。

産業レベルにおける実証分析

技術知識ストックの弾力性についての既存研究は、技術知識ストックの収益率の研究

に比べて少ない。これは計測の困難な技術知識ストックを推計しなければならないという問題があるためである。ここでは、研究開発投資の収益率に関する研究を中心に調べた。技術知識ストックの直接収益率に対する既存研究は図表 2.4.2.1 と図表 2.4.2.2 に示されている。

図表 2.4.2.1 産業レベルにおける研究開発投資の収益率：横断面データ

研究	産業数	分析期間	モデル	直接収益率(%)
米国				
Terleckyj(1974)	20	1948-66	TFPG, RD	12-29
Mansfield(1980)	20	1948-66	TFPG, RD	150
Sveikauskas(1981)	144	1959-69	TFPG, RD	17-39
Scherer(1982)	87	1973-78	LPG, RD	29
Griliches and Lichtenberg(1984a)	27	1967-78	TFPG, RD	3-5
Griliches and Lichtenberg(1985b)	193	1959-78	TFPG, RD	21-76
Wolff and Nadiri(1993)	19-50	1947-77	TFPG, RD	10-20
Griliches(1994)	143	1973-89	TFPG, RD	36
Wolff(1997)	48	1958-87	TFPG, RD	10-13
日本				
小田切(1985)	15	1973-77	TFPG, RD	2
小田切(1985)	15	1973-77	LPG, RD	3
後藤と鈴木(1989)	50	1978-83	TFPG, RD	26
英国				
Sterlacchini(1989)	15	1945-83	TFPG, RD	12-20
カナダ				
Hanel(1988)	11	1971-82	TFPG, RD	64
フランス				
van Meijl(1997)	30	1978-92		0-19

注) TFPG:全要素生産性の成長率、LPG:労働生産性の成長率、RD:R&D集約度
Nadiri(1993)、Bruno(1997)と各論文

図表 2.4.2.1 では技術知識ストックの収益率について横断面データを用いて分析した様々な既存研究が整理されている。

既存研究の推計によれば、横断面データを使って推計した技術知識ストックの収益率は最低 0%から最高 150%まであり、平均は約 27%である。被説明変数としては、全要素生産性の成長率が主に用いられているが、Scherer(1982)と小田切(1985)は被説明変数として労働生産性の成長率を利用している。これらの研究の推計結果を見ると、被説明変数の違いは技術知識ストックの直接収益率にあまり影響しないことがわかる。

図表 2.4.2.2 産業レベルにおける研究開発投資の収益率：パネルデータ

研究	産業数	分析期間	モデル	直接収益率(%)
米国				
Adams(1990)	18	1953-80	TFPG, RD	0.002
カナダ				
Mohnen and Ducharme(1996)	25	1967-83	TFPG, RD	17-39

注) TFPG:全要素生産性の成長率、RD:R&D集約度
Nadiri(1993)、Bruno(1997)と各論文

図表 2.4.2.2 にはパネルデータを利用した先行研究が示されているが、直接収益率の推計結果は 0.002% から 39% までであり、平均収益率は約 18% である。このため、パネルデータを使って推計した技術知識ストックの収益率は横断面データ利用した場合より低く推計される傾向があると言える。

米国の場合は、横断面データの平均収益率は 31% と高い水準であったが、パネルデータを利用した推計結果は 0.002% と大幅に減少する。カナダの場合も減少するが、その減少幅は米国と比べるとそれほど大きくはない。

以上のような産業レベルの分析では、ほぼすべての研究において研究開発投資により蓄積された技術知識ストックが、生産性上昇に貢献していることが明らかとなった。

企業レベルにおける実証分析

世界各国において、企業の財務データに加え、企業サーベイデータが整備されてきている。そのため、最近ではよりデータの精度が高く、かつ包括的な企業レベルのデータを用いて、研究開発と生産性上昇の関係を実証する研究が急増している。産業レベルの実証分析のサーベイでは、技術知識ストックの収益率に関する研究成果のみを紹介したが、企業レベルのサーベイの場合には、技術知識ストックの弾力性を推計した研究成果も含めて紹介する。

a . 技術知識ストックの収益率

図表 2.4.2.3 では企業レベルのデータを用いて分析された既存研究における知識資本ストックの収益率の推計結果が示されている。技術知識ストックの収益率を推計する方法として、ほとんどの研究で一階差分が用いられることが分かる。国や企業数、分析期間などの差を無視した場合、企業レベルの知識資本ストックの平均収益率を統計的に有意な数値に限定して見ると、約 29% となっている。収益率は概ね 7% から 69% の範囲にあることがわかる。

図表 2.4.2.3 企業レベルにおける研究開発投資の収益率

研究	企業数	分析期間	モデル	推計方法	直接収益率	
米国						
Mansfield(1980)	16 (石油・化学)	1960 - 76	TFP(付加価値)	一階差分	0.275	**
Link(1981)	174	1971 - 76	TFP(付加価値)	一階差分	0.000	
Link(1981)	19(輸送用機械)	1971 - 76	TFP(付加価値)	一階差分	0.150	
Link(1981)	33(化学)	1971 - 76	TFP(付加価値)	一階差分	0.070	**
Link(1981)	34(機械)	1971 - 76	TFP(付加価値)	一階差分	0.050	
Link(1983)	302	1975 - 79	TFP(売上高)	一階差分	0.060	
Griliches and Mairesse(1983)	343	1973 - 78	労働生産性(売上高)	一階差分	0.190	**
Griliches and Mairesse(1983)	57(医薬品)	1973 - 78	労働生産性(売上高)	一階差分	0.410	**
Griliches and Mairesse(1983)	62(化学)	1973 - 78	労働生産性(売上高)	一階差分	-0.100	
Griliches and Mairesse(1983)	65(電子)	1973 - 78	労働生産性(売上高)	一階差分	-0.060	
Griliches and Mairesse(1983)	47(電機装置)	1973 - 78	労働生産性(売上高)	一階差分	-0.440	
Griliches and Mairesse(1983)	112(機械)	1973 - 78	労働生産性(売上高)	一階差分	0.110	
Griliches and Mairesse(1990)	525	1973 - 80	労働生産性(売上高)	一階差分	0.410	**
Griliches and Mairesse(1990)	525	1973 - 80	労働生産性(売上高)、産業ダミー	一階差分	0.270	**
日本						
小田切(1983)	123(Science sectors)	1969 - 81	TFP(売上高)	一階差分	0.256	**
小田切(1983)	247(その他)	1969 - 81	TFP(売上高)	一階差分	-0.475	
小田切と岩田(1986)	135	1966 - 73	TFP(付加価値)	一階差分	0.201	*
小田切と岩田(1986)	135	1966 - 73	TFP(付加価値)、産業ダミー	一階差分	0.170	
小田切と岩田(1986)	135	1974 - 82	TFP(付加価値)	一階差分	0.169	**
小田切と岩田(1986)	135	1974 - 82	TFP(付加価値)、産業ダミー	一階差分	0.113	*
Sassenou(1988)	394	1973 - 81	労働生産性(売上高)	一階差分	0.690	**
Sassenou(1988)	394	1973 - 81	TFP(付加価値)	一階差分	0.220	**
Sassenou(1988)	394	1973 - 81	TFP(付加価値)、産業ダミー	一階差分	-0.020	
後藤と鈴木(1989)	13(医薬品)	1976 - 84	TFP(付加価値)	一階差分	0.420	**
後藤と鈴木(1990)	5(電機装置)	1976 - 84	TFP(付加価値)	一階差分	0.220	**
後藤と鈴木(1991)	3(自動車)	1976 - 84	TFP(付加価値)	一階差分	0.330	**
Griliches and Mairesse(1990)	406	1973 - 80	労働生産性(売上高)	一階差分	0.560	**
Griliches and Mairesse(1990)	406	1973 - 80	労働生産性(売上高)、産業ダミー	一階差分	0.300	*
権と乾(2003)	3830	1995 - 98	労働生産性(付加価値)、産業ダミー	一階差分	0.163	**
フランス						
Griliches and Mairesse(1983)	185	1973 - 78	労働生産性(売上高)	一階差分	0.310	**
Griliches and Mairesse(1983)	47(医薬品)	1973 - 78	労働生産性(売上高)	一階差分	0.270	*
Griliches and Mairesse(1983)	30(化学)	1973 - 78	労働生産性(売上高)	一階差分	0.000	
Griliches and Mairesse(1983)	37(電子)	1973 - 78	労働生産性(売上高)	一階差分	0.120	
Griliches and Mairesse(1983)	34(電機装置)	1973 - 78	労働生産性(売上高)	一階差分	0.450	*
Griliches and Mairesse(1983)	39(機械)	1973 - 78	労働生産性(売上高)	一階差分	-0.550	
Hall and Mairesse(1995)	197	1980 - 87	労働生産性(付加価値)	一階差分	0.231	**
Hall and Mairesse(1995)	197	1980 - 87	労働生産性(付加価値)、二重計算調整	一階差分	0.273	**
Hall and Mairesse(1995)	197	1980 - 87	労働生産性(付加価値)	長期差分	0.036	
Hall and Mairesse(1995)	197	1980 - 87	労働生産性(付加価値)、二重計算調整	長期差分	0.065	
英国						
Wakelin(2000)	98	1988 - 96	労働生産性(売上高)	一階差分	0.340	**
Wakelin(2000)	98	1988 - 96	労働生産性(売上高)、産業ダミー	一階差分	0.280	
オランダ						
Bartelsman et al.(1996)	209	1985 - 89	労働生産性(付加価値)、二重計算調整	長期差分	0.218	**
Bartelsman et al.(1996)	159	1989 - 93	労働生産性(付加価値)、二重計算調整	長期差分	0.173	**

注)Mairesse and Sassenou (1991), Wieser(2005)と各論文。 **、*はそれぞれ5%、10%有意であることを示す。

産業別ダミーを含んだ推定と含まない推定の結果を比べると、技術知識ストックの収益率の大きさが異なることが確認できる。既存研究の実証分析からは、外生的な技術進歩などによる産業間の技術進歩の差が、企業の生産性成長に影響を与えるという結果が得られている。このことから、産業内に蓄積された技術知識ストックによる技術機会拡大が、企業の生産性上昇を説明する上で重要であると言える。研究開発に含まれている研究員の数と有形固定資産を、労働や資本から分離するという二重計算の調整が、技術知識ストックの真の収益率を検証する上で重要である。表 3.3 に示されるように、フランスでは二重計算を調整することにより、技術知識ストックの収益率を 4.2%押し上げる結果を得ている。また、どの国においても、研究開発集約度が高い産業ほど、技術知識ストックの収益率が統計的に有意に高いことも確認できる。既存研究では、技術知識ストックの推計の測定誤差によるバイアスを除くため、長期差分による推計も行っている。フランスでは有意な結果が得られていないが、オランダでは有意な結果が示されている。これらの結果は、技術知識ストック推計の測定誤差によるバイアスの大きさが、国によって異なる可能性があることを反映していると考えられる。

既存研究の数が多い米国、日本、フランスの結果を比べてみる。米国は 70 年代前半では、技術知識ストックと生産性上昇の関係が強くなかったが、70 年代後半から技術知識ストックの収益率が高くなっている。日本は他の国に比べ、ほとんどの研究で技術知識ストックの収益率が統計的に有意な正の結果を得ている。日本の経済成長率が高い期間において分析を行った小田切・岩田 (1986)では、収益率 0.11~0.20、後藤・鈴木 (1989)では、産業別に技術知識ストックの収益率を計算しているが、医薬品産業で 0.42、電気装置で 0.22、自動車産業で 0.33 と高い収益率の結果を得ており、技術知識ストックが生産性の向上に大きく寄与していたことがわかる。権・乾(2003)のように、生産性上昇が低迷した 90 年代を対象にした研究においても、技術知識ストックの収益率が小さいものの正で有意な結果を得ている。日本の技術知識ストックの収益率を単純平均して比較してみると、三国の中で一番高い。フランスでは、分析期間や対象産業が異なるにも関わらず、概ね技術知識ストックと生産性上昇は安定的な関係にあると言える。

b．技術知識ストックの弾力性

(2)、(3)式のような生産関数の推計により得られた技術知識ストックの弾力性の既存研究における結果は図表 2.4.2.4 と図表 2.4.2.5 に示されている。図表 2.4.2.4 は横断面データを用いた推計結果で、図表 2.4.2.5 はパネルデータを用いた推計結果である。横断面データを用いて推計した技術知識ストックの弾力性は、ほとんどの研究において有意な結果になっている。技術知識ストックの平均弾力性は約 12%で、技術知識ストックの生産性上昇に寄与していることが確認できる。パネルデータを用いて、観測できない企業の固有属性をコントロールした推計から得られた技術知識ストックの弾力性は約 11%で、横断面データを用いた結果とほぼ同じである。しかしながら、横断面データを用いた既存結果とは異なり、パネルデータを用いた多くの研究では、

統計的に有意な結果を得ていない。また、こういったデータの属性の相違に依存せず、多くの研究結果において、二重計算の調整により技術知識ストックの弾力性が上昇する点は、技術知識ストックの収益率の既存研究の結果と同様である。

図表 2.4.2.4 企業レベルにおける研究開発投資の弾力性：横断面データ

研究	企業数	分析期間	モデル	弾力性	
米国					
Griliches(1980)	883	1963	労働生産性(付加価値)	0.069	**
Schankerman(1981)	110 (石油・化学)	1963	労働生産性(付加価値)	0.104	**
Schankerman(1981)	110 (石油・化学)	1963	労働生産性(付加価値)、二重計算調整	0.159	**
Schankerman(1981)	187(金属・機械)	1963	労働生産性(付加価値)	0.018	
Schankerman(1981)	187(金属・機械)	1963	労働生産性(付加価値)、二重計算調整	0.099	**
Schankerman(1981)	101(電機装置)	1963	労働生産性(付加価値)	0.034	*
Schankerman(1981)	101(電機装置)	1963	労働生産性(付加価値)、二重計算調整	0.232	**
Schankerman(1981)	34(自動車)	1963	労働生産性(付加価値)	0.069	**
Schankerman(1981)	34(自動車)	1963	労働生産性(付加価値)、二重計算調整	0.090	**
Schankerman(1981)	31(航空機械)	1963	労働生産性(付加価値)	0.032	
Schankerman(1981)	31(航空機械)	1963	労働生産性(付加価値)、二重計算調整	0.292	**
Schankerman(1981)	419(その他)	1963	労働生産性(付加価値)	0.043	**
Schankerman(1981)	419(その他)	1963	労働生産性(付加価値)、二重計算調整	0.065	**
Griliches(1986)	491	1972	労働生産性(付加価値)	0.115	**
Griliches(1986)	491	1972	労働生産性(付加価値)、産業ダミー	0.089	**
Griliches and Mairesse(1984)	133	1966-77	労働生産性(売上高)	0.054	**
Griliches and Mairesse(1984)	77(scientific sector)	1966-77	労働生産性(売上高)	0.185	**
Mairesse and Hall(1996)	1073	1981-89	労働生産性(売上高)、製造業全体のデフレータ利用	0.035	**
Mairesse and Hall(1996)	1073	1981-89	労働生産性(売上高)	0.246	**
日本					
Sassenou(1988)	394	1976	労働生産性(付加価値)	0.100	**
Sassenou(1988)	112(scientific sector)	1976	労働生産性(付加価値)	0.160	**
フランス					
Cuneo and Mairesse(1984)	182	1972-77	労働生産性(付加価値)	0.203	**
Cuneo and Mairesse(1984)	98(scientific sector)	1972-77	労働生産性(付加価値)	0.114	**
Cuneo and Mairesse(1984)	98(scientific sector)	1972-77	労働生産性(付加価値)、二重計算調整	0.206	**
Cuneo and Mairesse(1984)	99(scientific sector)	1973-78	労働生産性(売上高)	0.176	**
Hall and Mairesse(1995)	197	1980-87	労働生産性(付加価値)	0.180	**
Hall and Mairesse(1995)	197	1980-87	労働生産性(付加価値)、二重計算調整	0.252	**
Mairesse and Hall(1996)	1232	1981-89	労働生産性(売上高)、製造業全体のデフレータ利用	0.090	**
Mairesse and Hall(1996)	1232	1981-89	労働生産性(売上高)	0.093	**
Mairesse and Hall(1996)	1232	1981-89	労働生産性(付加価値)	0.092	**
Mairesse and Hall(1996)	1232	1981-89	労働生産性(付加価値)、二重計算調整	0.165	**
オランダ					
Bartelsman et al.(1996)	209	1985-89	労働生産性(付加価値)、二重計算調整	0.008	
Bartelsman et al.(1996)	209	1985-89	労働生産性(付加価値)	0.046	**
Bartelsman et al.(1996)	159	1989-93	労働生産性(付加価値)、二重計算調整	0.043	**
Bartelsman et al.(1996)	159	1989-93	労働生産性(付加価値)	0.165	**
ドイツ					
Harhoff(1998)	443	1977-89	労働生産性(売上高)	0.150	

注)Mairesse and Sassenou (1991),Wieser(2005)と各論文。 **、*はそれぞれ5%、10%有意であることを示す。

図表 2.4.2.5 企業レベルにおける研究開発投資の弾力性：パネルデータ

研究	企業数	分析期間	モデル	推計方法	弾力性	
米国						
Griliches(1980)	883	1957-65	部分要素生産性、産業ダミー	Between	0.076	**
Griliches(1980)	110(石油・化学)	1957-65	部分要素生産性	Between	0.093	**
Griliches(1980)	187(金属・機械)	1957-65	部分要素生産性	Between	0.102	**
Griliches(1980)	101(電機装置)	1957-65	部分要素生産性	Between	0.106	**
Griliches(1980)	34(自動車)	1957-65	部分要素生産性	Between	0.126	**
Griliches(1980)	31(航空機械)	1957-65	部分要素生産性	Between	0.107	**
Griliches(1980)	419(その他)	1957-65	部分要素生産性	Between	0.052	**
Griliches and Mairesse(1984)	133	1966-77	労働生産性(売上高)	Within	0.091	**
Griliches and Mairesse(1984)	77(scientific sector)	1966-77	労働生産性(売上高)	Within	0.021	
Mairesse and Hall(1996)	1073	1981-89	労働生産性(売上高)、製造業 全体のデフレータ利用	一階差分, OLS	0.010	
Mairesse and Hall(1996)	1073	1981-89	労働生産性(売上高)	一階差分, OLS	0.092	**
Mairesse and Hall(1996)	1073	1981-89	労働生産性(売上高)、製造業 全体のデフレータ利用	Within	0.041	**
Mairesse and Hall(1996)	1073	1981-89	労働生産性(売上高)	Within	0.170	**
O' Mahoney and Vecchi(2000)	151(機械)	1993-97	労働生産性(売上高)	一階差分, OLS	0.297	**
日本						
Sassenou(1988)	394	1973-81	労働生産性(付加価値)	Between	0.040	
Sassenou(1988)	394	1973-81	労働生産性(付加価値)	Within	-0.010	
O' Mahoney and Vecchi(2000)	107(機械)	1993-97	労働生産性(売上高)	一階差分, OLS	0.107	
権と乾(2003)	3830	1995-98	労働生産性(付加価値)、二重 計算調整、産業ダミー	一階差分	0.035	**
権と乾(2003)	3830	1995-98	労働生産性(付加価値)、二重 計算調整	一階差分	0.037	**
フランス						
Cuneo and Mairesse(1984)	182	1972-77	労働生産性(付加価値)	Within	0.050	
Cuneo and Mairesse(1984)	98(scientific sector)	1972-77	労働生産性(付加価値)	Within	0.144	**
Cuneo and Mairesse(1984)	98(scientific sector)	1972-77	労働生産性(付加価値)、二重 計算調整	Within	0.170	**
Cuneo and Mairesse(1984)	99(scientific sector)	1973-78	労働生産性(売上高)	Within	0.028	**
Hall and Mairesse(1995)	197	1980-87	労働生産性(付加価値)	Within	-0.001	
Hall and Mairesse(1995)	197	1980-87	労働生産性(付加価値)、二重 計算調整	Within	0.069	**
Mairesse and Hall(1996)	1232	1981-89	労働生産性(売上高)、製造業 全体のデフレータ利用	一階差分, OLS	-0.003	
Mairesse and Hall(1996)	1232	1981-89	労働生産性(売上高)	一階差分, OLS	-0.003	
Mairesse and Hall(1996)	1232	1981-89	労働生産性(付加価値)	一階差分, OLS	-0.005	
Mairesse and Hall(1996)	1232	1981-89	労働生産性(売上高)、製造業 全体のデフレータ利用	Within	0.008	
Mairesse and Hall(1996)	1232	1981-89	労働生産性(売上高)	Within	0.013	
Mairesse and Hall(1996)	1232	1981-89	労働生産性(付加価値)	Within	-0.016	
オランダ						
Bartelsman et al.(1996)	209	1985-89	労働生産性(付加価値)、二重 計算調整	長期差分	0.247	**
Bartelsman et al.(1996)	159	1989-93	労働生産性(付加価値)、二重 計算調整	長期差分	0.185	
ドイツ						
Harhoff(1998)	443	1977-89	労働生産性(売上高)		0.150	

注)Mairesse and Sassenou(1991),Wieser(2005)と各論文。**, *はそれぞれ5%、10%有意であることを示す。

技術知識ストックの弾力性についての企業レベルの既存研究は、産業レベルの収益率の研究と比較して多いことがわかる。これは、技術知識ストックの推計が極めて困難にも関わらず、より簡便な計量的手法を適用して推計を行うことができるためである。

また、技術知識ストックの収益率の結果と同様に、使用するデータの属性、分析期間や対象とする産業とは関係なく、技術集約度が高い産業において技術知識ストックの弾力性が高いことも図表 2.4.2.4 と図表 2.4.2.5 に示されている。

企業レベルのデータを用いた技術知識ストックの収益率と弾力性の推計結果をまとめると、技術知識ストックが生産性上昇に与える効果の大きさは異なっているが、多くの研究においては技術知識ストックの生産性上昇への正の寄与を確認できたと言

える。

(4) R&D スピルオーバー効果

産業間・産業内のスピルオーバー効果については多くの研究成果があり、それらのサーベイ論文も幾つか存在する。例えば、Nadiri(1993)、Mohen(1996)、Bruno(1997)、などがある。

研究開発活動は新たな知識の創出を目標としている。研究開発活動により開発された技術知識は、取引される一般的な財貨といくつかの異なる特徴を持っている。そのため、いわゆる外部性(externality)の問題が発生する。

経済学では財貨を公共財(public goods)と私的財(private goods)に分ける。私的財は対価を支払う人だけが消費できる財貨を意味し、公共財は対価を支払う人だけでなく対価を支払わない人も消費できる財貨を意味する。私的財と区別される公共財の持つ特性は、消費における非競合性(non-rivalry)と非排除性(non-excludability)である。技術知識の場合は、次の二つの公共財的特性を有している。第一に、技術知識は消費における非競合性を持つ。つまり、研究開発を通じて生み出される技術知識は、多くの主体に同時に消費される。第二に、技術知識は開発した企業がそれを使用しようとする人を完全に排除することができない非排除性(専有不可能性)を持つ。つまり、技術知識から得られる利益を、その生産のために投資を行った主体が専有することは困難である。

技術知識における公共財的な特性がスピルオーバー効果を誘発させる。Griliches(1979)はスピルオーバーを二つの形態に分けて考察した。第一のスピルオーバーは、知識・スピルオーバー(Knowledge Spillovers)、第二のスピルオーバーはレント・スピルオーバー(Rent Spillovers)である。

知識・スピルオーバーは、ある産業の技術革新で体化された技術知識ストックが他の産業の技術革新過程に寄与する時に発生する。知識・スピルオーバーはレント・スピルオーバーと異なり、企業間の取引の有無とは関係なく、公共財的な特性によって発生する。技術知識は学会誌・業界誌などを通じて、また技術者の移動を通じて、リバース・エンジニアリングによって自由に伝播していく。そのため、企業は極めて小さな費用で、他企業が開発した技術知識を利用することができる。

レント・スピルオーバーは研究開発活動による中間財と投資財の品質改善が価格によって十分に反映されないため発生する。レント・スピルオーバーは取引関係を通じて、その効果が現れる。つまり、ある企業が研究開発を行い、その結果その企業の製品の品質が改善された場合、その製品を中間財と投資財として購入している企業は、結果的に売手企業の研究開発の効果を受けることになる。

スピルオーバー効果を計測する代表的な方法には次の二つがある。第一に、他の主体が行った研究開発投資が購入した中間財や投資財などに体化されていると仮定した上で、産業連関表の内生部門表や固定資本マトリックスを用いて産業間取引から生じる間接的なスピルオーバーを計測する方法である。これはレント・スピルオーバーを測定する時に用いられる。データの制約上、産業間のスピルオーバー効果を測定する

ときによく用いられる。産業間のスピルオーバー効果に関するサーベイはレント・スピルオーバーに限定して行う。

第二に、各主体の技術知識の方向性や構成が近く、お互いに技術知識を利用することが容易であると仮定した上でスピルオーバー効果を推計する方法がある。これは技術進歩の結果が中間財と投資財に体化されていると仮定した上で産業間取引から発生するスピルオーバーを推計する方法よりも技術距離の方法を利用する方が良いという議論に基づくものであり、まったく違う研究分野や技術知識構成を持つ企業・産業同士よりも、研究分野の方向性や技術知識構成が似通っている企業・産業同士の方が、研究開発活動のスピルオーバーが起こりやすいというものである。このように考えると、技術伝播経路は必ずしも中間財の購入からのみではなく、技術知識の方向性や構成等にも依存していると考えられる。レント・スピルオーバーと違って、産業内のスピルオーバー効果を計測するときには、企業間取引の情報をとりにくいこともあって、主に知識スピルオーバー効果に関する既存研究が多い。このことから、産業内スピルオーバーに関するサーベイは知識スピルオーバーを中心に紹介したい。

産業間スピルオーバー効果

Terlecky (1974, 1980) は産業連関表を使って、投資財と資本財を供給する産業の研究開発活動によって発生する品質向上、ないし生産プロセスの改善が需要側の生産性上昇率に与えた効果を推定した最初の研究者の一人である。スピルオーバー分析のための Terlecky によって開発された式は以下である。

$$t_{ij} = b_{ji} E_i, j \neq i \quad (8)$$

ここで、 b_{ji} は i 産業の産出の内、 j 産業へ販売された比率である。 E_i は i 産業の研究開発支出額である。Terlecky は (8) 式を利用して技術フロー・マトリックスを作成した。これは技術の流れを明らかにするとともに、供給する側での研究開発投資が需要する側の産業の生産性上昇へ与える影響を明らかにするものである。Terlecky が 1974 年推計した直接収益率は 0.12 から 0.29 であり、間接収益率は 0.45 から 0.5 である。Terlecky の推定によると間接収益率は直接収益率の倍以上となっている。

表 4.1 で表示された既存研究は、大部分 Terlecky の研究に基づいている。その中でも、小田切、Wolff and Nadiri、Sterlacchini、Mansfield の研究結果は直接収益率より間接収益率が低いものとなっている。他の研究においては、間接収益率が直接収益率よりはるかに高くなっている。

また、ウェイトとして IO フロー・マトリックスを用いて推計した収益率より、投資フロー・マトリックスを用いて推計する方が収益率は高いことが分かる。これは中間財に体化されている技術知識より資本財や投資財に体化されている技術知識の方が経済成長に対する影響が高いことを意味している。

図表 2.4.2.6 産業レベルにおける研究開発スピルオーバー効果

研究	産業数	ウエイト	収益率(%)
米国			
Terleckyj(1974)	20	IO フロー	45
Terleckyj(1974)	20	投資フロー	50
Terleckyj(1980)	20	IO フロー	183
Mansfield(1980)	20	IO フロー	27-54
Sveikauskas(1981)	102	投資フロー	860
Scherer(1982,1984)	87	特許フロー	118-147
Griliches and Lichtenberg(1984)	193	特許フロー	0-90
Wolff and Nadiri(1993)	50	IO フロー	0
Wolff and Nadiri(1993)	50	投資フロー	11
Wolff(1997)	48	IO フロー	41
日本			
小田切(1985)	15	IO フロー	0
後藤と鈴木(1989)	50	IO フローと投資フロー	80
カナダ			
Hanel(1988)	12	IO フロー	100
Hanel(1994)	19	特許フロー	2.6
Mohen and Ducharme(1996)	25	IO フロー	685
Mohen and Ducharme(1996)	25	特許フロー	172
英国			
Sterlacchini(1989)	15	IO フロー	9-12
Sterlacchini(1989)	15	イノベーションフロー	14-30
フランス			
van Meijl(1997)	30	IO フロー	0-129
van Meijl(1997)	30	投資フロー	843-871
van Meijl(1997)	30	特許フロー	0-26

注)Nadiri(1993)、Bruno(1997)と各論文

図表 2.4.2.6 ではスピルオーバー効果を分析する際に、ウエイトとして特許フロー・マトリックスを利用した既存研究に関しても整理している。特許フロー・マトリックスを最初に作り、分析に応用した研究者は Scherer である。

Scherer(1982,1984)は、技術知識の発明産業と使用産業を区別する特許に基づいて技術フロー・マトリックスを作成した。Scherer は研究開発活動にはプロセス研究開発活動とプロダクト研究開発活動があると考えた。プロセス研究開発は生産の効率を改善することであり、プロダクト研究開発は品質を向上させることである。Scherer はスピルオーバー効果がプロダクト研究開発によって発生すると主張した。Scherer により開発されたスピルオーバー測定式は次のように表される。

$$t_{ij} = (P_{ij} / P_i) E_i = p_{ij} E_i, i \neq j \quad (9)$$

P_{ij} は j 産業が使用する i 産業の特許比重である。分析結果を見ると、ほとんどの部分では間接収益率が直接収益率より高くなっている。間接収益率の中では、投資フロー・マトリックスを用いたものが一番高く、次が IO フロー・マトリックスを用いたものであり、特許フロー・マトリックスを用いて推計した収益率が最も低い。

以上を要約すると、産業間のレント・スピルオーバーは生産性上昇に大きく寄与した

ことがわかる。

産業内スピルオーバー効果

産業内における企業間のスピルオーバー効果を測定するために、次のような企業間の技術距離を示すウエイトを利用して技術知識ストックを算出する。技術距離が近い企業間においてはスピルオーバー効果が大きくなると仮定する。

$$P_{ij} = \frac{F_i F_j'}{[(F_i F_i')(F_j F_j')]^{1/2}} \quad (10)$$

企業間技術距離を表すウエイトは 0 から 1 までの数字になる。企業 i と j の特許や技術分野別の研究開発支出の分布が完全に異なるとウエイトは 0 となり、全く同じであれば 1 になる。企業レベルのデータを用いて、産業内のスピルオーバー効果を分析した既存研究のほとんどは(10)式のようなウエイトを利用している。

図表 2.4.2.7 企業レベルにおける研究開発スピルオーバー効果

研究	企業数	分析期間	ウエイト	弾力性/収益率(%)
米国				
Jaffe(1988)	434	1972-77	企業の特許分布による技術距離	1.3-15% *
Jaffe(1988)	434	1972-77	企業の特許分布による技術距離	0.10-25% *
Jaffe(1988)	434	1972-77	企業の特許分布による技術距離	0.00035
Jaffe(1989)	434	1972-77	企業の特許分布による技術距離	0.03 *
Jaffe(1989)	434	1972-77	企業の特許分布による技術距離	0.13 *
Jaffe(1989)	434	1972-77	企業の特許分布による技術距離	0.01
Jaffe(1989)	Low-tech	1972-77	企業の特許分布による技術距離	0.13 *
Jaffe(1989)	Medium-tech	1972-77	企業の特許分布による技術距離	0.150 *
Jaffe(1989)	High-tech	1972-77	企業の特許分布による技術距離	0.170 *
Branstetter(1996)	209	1983-89	企業の特許分布による技術距離	0.360 *
Branstetter(1996)	209	1983-89	企業の特許分布による技術距離	0.830 **
Los and Verspagen(1996)	485	1974-93	産業の特許分布による技術距離	0.020 *
Cincera(1998)	378	1987-94	企業の特許分布による技術距離	0.590 *
日本				
Branstetter(1996)	205	1983-89	企業の特許分布による技術距離	0.700 *
Los and Verspagen(1996)	485	1974-93	産業の特許分布による技術距離	0.510 *
Los and Verspagen(1996)	485	1974-93	産業全体の技術知識ストックの合計	0.530 *
Cincera(1998)	133	1987-94	企業の特許分布による技術距離	-0.230
ドイツ				
Harhoff(1998)	443	1981-83	企業の研究開発活動の分布による技術距離	0.030 *

注)Mairesse and Sassenou (1991),Wieser(2005)と各論文。 **, *はそれぞれ5%、10%有意であることを示す。

図表 2.4.2.7 ではスピルオーバー効果を分析した既存研究の結果が示されている。表には示されていないが、技術距離ウエイトにかける技術知識ストックは様々である。図表 2.4.2.7 に示された各国の企業レベルデータを用いたほとんどの研究においては、知識スピルオーバーが企業の生産性上昇にプラスに寄与しているとの結果を得ている。スピルオーバーの弾力性が企業内の技術知識ストックの弾力性と比較して大きくなってはいるものの、産業間のスピルオーバー効果に比べるとあまり大きくない。これは産業内のスピルオーバー効果より産業間スピルオーバーの方がより重要な生産性上昇の源泉であることを示唆している。

(5) 結論及び今後の課題

イノベーション、つまり技術知識ストックとそのスピルオーバー効果が、生産性上昇にどのような影響を与えるのかについては、多くの実証研究がある。これらの成果からイノベーションと生産性上昇の関係に関しては、次のようなまとめ方ができる。第一に、技術知識ストックが生産性上昇に与える効果は産業レベルと企業レベルのいずれのデータを使っても統計的に有意な正の関係が得られた。

第二に、技術知識ストックの産業内、産業間スピルオーバー効果は生産性上昇に直結している。特に、産業間のスピルオーバーが生産性上昇に与える効果は極めて高いことが認められる。産業間のスピルオーバー効果は生産性上昇に非常に重要な源泉であると言える。

残された研究課題は以下の通りである。

まず、技術知識ストックが生産性を上昇させるまでの中間過程を明らかにする必要がある。製品イノベーションと工程イノベーションは生産性上昇のみに影響を与えるだけではなく、経営組織や市場競争環境の変化などを通じて、研究開発活動にも影響を及ぼすこともあり得る。つまり、生産性の上昇が高い産業、企業がより研究開発活動を活発に行っているといった逆の因果関係に関する分析の必要性がある。

次に、技術知識ストックのスピルオーバー効果が生産性上昇の重要な要因になっているため、スピルオーバー効果を促進するための政策や知的財産制度の効果に関する実証分析や、スピルオーバーが研究開発活動に及ぼす効果に関する研究も必要であろう。

参考文献

Baltagi, H (2001) *Econometric Analysis of Panel Data*. New York: Wiley, Second edition

Bartelsman, E. J., van Leeuwen, G. Nieuwenhuijsen, H. and Zeelenberg, K. (1996) "R&D, and Productivity Growth: Evidence from Firm-level Data in the Netherlands," *Netherlands Official Statistics*, Vol.11, pp.52-69.

Blundell and Bond (1998) "GMM estimation with Persistent Panel Data: An Application to Production Functions," *IFS Working Paper*, no.9904.

Branstetter, L. (2001) "Are Knowledge Spillovers International or International in Scope? Microeconomic Evidence from Japan and United States," *Journal of International Economies*, Vol. 14, pp. 73-104

Goto, A. and Suzuki, K. (1989) "R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing," *Review of Economics and Statistics*, Vol. 71, pp.555-564.

Griliches, Z. (1979) "Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth," *Bell Journal of Economics*, Vol.10, pp.92-116.

Griliches, Z. (1992) "The Search for R&D Spillovers," *Scandinavian Journal of Economics*, Vol.94, pp.29-48.

Griliches, Z. and Lichtenberg, F. (1984) "R&D and Productivity Growth at the Industry Level: Is There Still a Relationship?," in Z. Griliches (ed.), *R&D, Patents, and Productivity*, Chicago: University of Chicago Press, pp. 465-496.

Griliches, Z. and Mairesse, J. (1990) "R&D and Productivity Growth: Comparing Japanese and US Manufacturing Firms," in C. Hulten (ed.), *Productivity Growth in Japan and United States*, Chicago: University of Chicago Press, pp.317-348.

Griliches, Z. (1998) *R&D and Productivity: the Econometric Evidence*, Chicago: University of Chicago Press.

Hall, B. and Mairesse, J. (1995) "Exploring the Relationship between R&D and

2.5 イノベーション・システムのガバナンスの影響とパフォーマンス

2.5.1 ナショナル・イノベーション・システムのパフォーマンス測定手法に関する予備的考察

【永田晃也（九州大学 大学院経済学研究院 産業マネジメント部門 助教授）】
【大西宏一郎（科学技術政策研究所 第2研究グループ 研究員）】

（1）はじめに

本章では、一国におけるイノベーション・プロセスとそのパフォーマンスを、ナショナル・イノベーション・システム（national innovation system: 以下 NIS）としての全体性において評価・測定するための手法を検討する。もとよりイノベーション・プロセスは、様々なアクター間ないし制度間の相互作用によって遂行される複雑性を有しているため、特定の構成要素に関する評価・測定の積み上げに止まる限り、その相互作用がイノベーションにもたらす影響を捉え損なう可能性がある。NIS の全体性に注目した評価・測定へのアプローチは、この可能性を考慮するという補完的な意義を持つものである。

以下では、まず NIS 研究の伝統を概観し、そこで定義されてきた NIS の概念を整理する。ついで NIS の競争力評価を志向した各種レポートをレビューし、それらにおいて用いられてきた分析のフレームワークと指標を検討する。最後に、日本の NIS に関するパフォーマンスの測定という将来の課題に向けて、新たな分析のフレームワークを提示する。

（2）NIS 研究の伝統と NIS の概念¹²³

平成 18 年 3 月に閣議決定された第 3 期科学技術基本計画は、「科学技術システム改革」を政策目標に掲げ、産学官が一体となって「イノベーションを生み出すシステムの強化」を推進することとしている。このように科学技術の活動を構成する個別要素に止まらず、「イノベーションを生み出すシステム」を射程に入れた政策目標が我が国の科学技術政策において定められたことには、NIS をめぐる国際的な政策論議の高まりが反映されているであろう。

イノベーションが創出されるプロセスを一国のシステムという枠組で捉えようとする観点から、national innovation system ないし national system of innovation の概念を導入した研究は、Freeman(1987)、Dosi, et al(1987)によって、その端緒が拓かれている。

Freeman(1987)は、NIS を「新しい技術の開発、導入、修正、普及に関連する私的・公的セクターの諸制度のネットワーク」と定義している。その後、NIS の概念には、様々な再定義の試みが行われているが、イノベーションに関連する諸制度ないしアク

¹²³本節は、研究・技術計画学会の叢書シリーズの一巻である『ナショナル・イノベーション・システム』の編纂に際して永田が執筆したレビューに依拠している。

ターを個別に分析対象とするのではなく、それらのインタラクション（相互作用）にフォーカスしたものとして NIS の概念を提示している点においては、Freeman のシンプルな定義と同工異曲である¹²⁴。様々な定義の仕方を一般化するならば、要するにイノベーションの中心的な担い手である企業が、政府、大学等のアクターとの間で、知識をはじめとする諸資源のフローを伴うインタラクションを形成している点に注目し、そのインタラクションが行われる諸制度のネットワークを一国における有機的なシステムとして捉えたときに与えられる全体像が NIS であると言い換えることができるであろう¹²⁵。

このような概念によるアプローチは、歴史的・文化的背景が相互に異質な諸国民のイノベーション・プロセスを理解する上では、個別の制度的要素の総和に還元できない全体性を捉えることが必要であるとの認識から呼び出されたものである。この点は、Freeman(1987)が、そのサブタイトル (Lessons from Japan) に謳っているように、まずイノベーションによって国際的な産業競争力を構築してきた日本のシステムを解明するために NIS の概念を適用したことに端的に示されている。

このような動機に始まった NIS 研究の領域では、初期の頃から活発な国際比較研究が行われてきた。Dosi, et al(1987)の "Part V. National Systems of Innovation" は、Freeman、Nelson、Lundvall らの論文によって構成されており、そこでは Freeman が日本の NIS を概説する一方、Nelson が米国の NIS に関する概観を提示している。Lundvall の論文は、アクター間の相互作用をサブシステム・レベルに降りて分析することに向けられており、そのアプローチによる研究の成果は、後に Lundvall, ed. (1992) の中で体系化された。

1993 年には、Nelson の編纂により本格的な国際比較研究の成果が刊行された。Nelson, ed. (1993) は、国民 1 人当たり所得水準などを指標として 15 カ国を 3 つのグループに区分し、各国の NIS に関する記述を与えたものである。この比較研究における Nelson らの問題意識は、経済活動のグローバリゼーションが進展している中であって、何故各国に固有の NIS が生成されているのかという点に向けられた。その結果、各国の NIS は、それぞれの制度や歴史的背景に依存しており、したがって経路依存的 (path dependent) な性格を有するものであること、また各国の制度は技術と相互に影響し合いながら共進化 (coevolution) を遂げており、その結果として各国に固有の NIS が生成されていることなどが注目されるに至った。なお、グローバリゼーションの下での各国の NIS に対する関心は、Ostry and Nelson(1995)の国際政治学的な問題意識に引き継がれている。

日本の NIS に関する初めての包括的な記述は、Nelson, ed. (1993)において日本の章を担当した小田切宏之と後藤晃によって与えられた。後に小田切と後藤は、その研究

¹²⁴例えば OECD(1999)は NIS を、「共同または個別に新技術の開発および普及に貢献する機関のセット。知識、スキルおよび新技術として定義できる文明の産物を創出し、保有し、移転するための、相互に関連し合う機関のシステム」と定義している。また、科学技術庁(1999)は、「イノベーションの過程に係る機関（主役となる企業、知識を提供する公的研究機関、大学等）の活動、これらの機関の相互間での資源（知識・人材等）の流れ、およびそれぞれの活動に影響を与える外的要因（例：政府による規制・奨励策、金融政策、雇用政策、教育・人材育成政策など）の総体」と定義している。

¹²⁵ 以上の定義について詳しくは永田（2002）を参照されたい。

を拡張・発展させ、Odagiri and Goto(1996)を刊行している。また同じ頃、欧米のNIS研究の動向をレビューし、独自に経営学的な視点から日本のNISに関する研究を行ったものとして野中・永田(1995)が刊行されている。1997年には、Nelson、Cohen、Walshとの共同研究により後藤と永田がイノベーション・プロセスの日米比較を行ったレポートが公表された。日本のNISに関する研究は、最近に至って新たな成果の公開をみている(例えば、後藤・児玉(2006)、岡田(2006)など)。

この間、以上のようなNIS研究の動向を反映して、科学技術政策に関する各国の行政機関や国際的な機構では、NISの概念を導入した政策立案をめぐる議論が活発化してきた。議論の中心を担ってきた場はOECDである。OECDのTEP(技術経済プログラム)は、1991年に公表された声明の中でNISの概念を導入し、研究開発の環境整備を図るためには、経済政策、社会資本整備、教育・雇用政策などの多岐に亘る政策に一貫性を持たせるとともに、国際調和の観点にも配慮すべきである旨を述べている。さらにOECDでは、科学技術政策委員会(CSTP)の事業として、1993年からTIP(イノベーション・技術政策ワーキンググループ)を新たに設立し、NISの分析に基づいてシステムの効率を改善するための施策の検討を進めた。こうした活動の成果についてOECD(1999)は、イノベーションに関する政府の役割としては、市場の失敗を補うために研究開発の総量を増やす施策を講ずるだけでなく、研究開発の効率性を妨げているシステムの欠陥を是正する必要があるとの共通認識が生まれていると評価している。

我が国では、OECD(1999)と同年に刊行された『科学技術白書』において、NISの概念を用いた科学技術活動の報告が行われた。イノベーションの促進を政策の一環とする府省では、日本のNISの実態を捕捉するために調査統計等の資料の整備が進められ、経済産業省経済産業研究所(2001)や、同省の委託調査研究による東レ経営研究所(2003,2004)などのレポートが公表された。また、文部科学省科学技術政策研究所では、OECDの勧告に応じて国際的に標準化された質問票による大規模調査が民間企業を対象に実施された(科学技術政策研究所、2004)。

このような国内外でのNISに関する政策論議の高まりと、議論に資する基礎データの整備が、前述の第3期科学技術基本計画におけるイノベーション政策の策定を準備することになったと言えよう。

(3) NIS 評価レポート

前節で述べたようにNISの概念は次第に各国の行政機関やOECDでの科学技術に関する政策論議に浸透し、それらの機関から自国のNISに関する評価やNISの国際比較を試行した各種のレポートが相次いで公表されるに至っている。以下では、NISに関する政策文書としては一つのエポックを画することになったOECD(1999)以後に公表された主要なレポートを取り上げ、それらの分析視点、フレームワーク、使用された指標などをレビューする。

各種レポートの概要

a . OECD, Managing National Innovation System, 1999.

このレポートは、最近のイノベーション・プロセスにみられる変化を明らかにし、イノベーションのパターンおよびパフォーマンスを左右する要因を探索し、また政策の意義を確定することを目的に作成されている。各国のイノベーション・システムは相互依存的な傾向を強めているが、一方でそのような依存傾向が各国の革新パターンの同質化をもたらすわけではない。NIS は、その出発点、技術及び産業の特化、制度、政策及び変化に対する態度の相違によって、依然として大きく異なっている。このような認識に基づいて、このレポートは、各国のNIS の特徴をピックアップしている。

レポートは、知識社会におけるイノベーションおよび経済活動、各国のイノベーション・パターン、イノベティブな企業・ネットワークおよびクラスターの3部からなる。

クラスターアプローチ、人的資源の移動に関する比較、組織のマッピングなどの様々な方法で、NIS におけるアクター間の相互関係を把握しようとしている点に特長がみられる。なお、このレポートでいうクラスターとは、「付加価値を創造する生産の連鎖」すなわち企業、サプライヤー、大学・研究機関・技術供給企業、技術移転機関、顧客といった各種プレーヤーの連関を意味している。これは企業間ネットワークや企業集積の概念とは異なっており、後述する M. E. Porter のフレームワークに類するクラスターの捉え方となっている。

b . OECD, Science, Technology and Industry Scoreboard 1999: Benchmarking Knowledge based Economies, 1999.

このレポートは、各国における知識経済の進捗状況に関する評価を目的としており、以下の3部から構成されている。特に研究開発税制の比較などの新しい視点が導入されている点が注目される。

- ・ 知識基盤経済に関する指標：知識基盤産業（技術または人的資源に対する集約度が高い産業）のシェア、情報通信技術費、研究開発活動関連指標、研究開発税制、イノベーション支出等。
- ・ グローバル化の課題：国際貿易、海外直接投資、研究開発の国際化、技術提携、国際特許出願等。
- ・ 経済パフォーマンスと競争力：生産性の向上、科学論文、新製品・新工程のシェア、技術貿易等。

c . 米国競争力評議会、The New Challenge to America ' s Prosperity: Findings from the Innovation Index, 1999.

このレポートは、M. E. Porter と S. Stern によって作成されたものである。その発表当時、米国は8年連続の経済成長を達成していたが、彼らが開発したイノベーション・インデックスを用いた予測によれば、米国は10年以内にイノベーションにおいて卓越した地位を失い、将来的には日本がイノベーションをリードしていくことになるとしている。日本について言及された部分への関心の高さから、そのメッセージは日本のマスメディアによって大きく取り上げられた。このレポートで用いられた分析のフレームワークと手法については、(4)で詳しく検討する。

d . フランス総合計画庁、Recherche et innovation: la France dans la competition mondiale, 1999.

このレポートは、研究開発活動の国際化の進展、工業大国間における競争の激化およびヨーロッパの統合の強化等という環境下で、フランスのイノベーション・システムの向上を図る方策を明らかにすることを目的としている。

このため 10 カ国（ドイツ、スペイン、フィンランド、イタリア、オランダ、イギリス、イスラエル、韓国、米国、日本）について、それぞれの専門家を招聘し、各国のイノベーション・システムとフランスとの相違について分析を行っている。このように国家間のシステムの違いをデータ以外の方法によって検討している点が、このレポートの特色である。また、今後、フランスが注力していかなければならない分野として情報通信、ライフサイエンス、環境技術に加えてサービス産業のイノベーションを挙げている点にも、他のレポートにはみられない特色がある。

e . イギリス貿易産業省、Excellence and Opportunity - a science and innovation policy for the 21st century, 2000.

このレポートは、イギリス貿易産業省がイノベーションを活性化させるために果たさなければならない役割（すなわち科学及びイノベーションの投資者、促進者、規制者としての役割）を全うするため、イギリスの現状と課題を明らかにし、具体的な予算の配分を示すことを目的としている。イノベーション政策の重要性を指摘した後、イギリスの科学技術の現状と具体的な政策を述べている。その上で、消費者の信頼がイノベーション政策を実行する上で何より重要であることを強調している。また、世界最高水準の科学者を国外から呼び寄せるためには、科学インフラの改善だけでなく、相応の報酬が必要であるといったミクロな視点からの提言が行われている点に特色がみられる。

f . 欧州委員会企業総局、Building an Innovative in Europe: A review of 12 studies of innovation policy and practice in today's Europe, 2001.

このレポートは、欧州のイノベーション政策に重要と思われる局面について分析した 12 の研究報告書を要約したものである。

レビューされたレポートの多くは、「共同体イノベーション調査」(Community Innovation Survey: 以下 CIS) データを用いた分析に依拠しているが、ベンチャーキャピタルや商業銀行などの融資状況に関するアンケート調査データによる分析も含まれている。

g . EU, 2001 Innovation Scoreboard, 2001.

このレポートは、欧州における知識経済の進捗状況を把握するため、人的資源、知識創造、知識の伝達・応用とイノベーションの資金、アウトプットと市場の 4 分野における 17 指標を分析している。

また、この評価に基づき、欧州委員会が実施すべき活動のロードマップを、イノベ

ーション・スコアボードの改訂・拡大、イノベーション活動の共通の枠組、その他の活動の3カテゴリーに亘って整理している点に特色が見られる。

h .EU, Key Figures 2001: Indicators for Benchmarking of National Research Policy, 2001.

2000年3月にリスボンで開催された欧州理事会サミットで、世界で最も競争力のあるダイナミックな知識経済を構築するという今後10年間の戦略目標が定められたことを受けて作成されたレポート。以下の4つのテーマについて国際比較を行っているが、参照されている指標に目新しい点はない。

- ・ 研究開発の人的資源と科学技術専門職の魅力
- ・ 公的および民間部門の研究開発投資
- ・ 科学技術の生産性
- ・ 研究開発が経済競争力と雇用に及ぼす影響

i . 米国競争力評議会、U. S. Competitiveness 2001: Strengths, Vulnerabilities and Long-Term Priorities, 2001.

このレポートは、M. E. Porter と D. V. Opstal によって作成されたものである。米国経済の強みと弱みを把握した上で、今後の世界的な競争の中で米国のイノベーションをさらに加速させることの重要性を示し、最後に具体的に必要となる提言を行うことを目的としている。

レポートの後半部では、以下のデータに基づいて他国のイノベーション能力の高まりとそれに伴う相対的な米国の地位の低下を指摘している。

- ・ 他国の研究者・技術者の増加
- ・ 資本の国際的な移動
- ・ 情報技術の世界的な普及（インターネットの普及率など）
- ・ 世界的な研究開発投資の増加
- ・ 他国の科学論文のアウトプットの増加
- ・ 他国での質の高い特許の増加

j . 米国競争力評議会、Innovate America, 2004.

このレポートは、「パルミサーノ・レポート」として広く知られている。その目的は、他国のイノベーション能力が高まる中、米国が現在の地位を維持していくために何をすべきかを提言することであり、教育・訓練・労働者への支援、資金面の支援、研究インフラ整備という3つの視点から、必要な政策が論じられている。

特にインフラ整備に関連して、イノベーション成長戦略を支援するための国家的なコンセンサスを確立することの重要性が高いと指摘し、そのためにイノベーションのパフォーマンスを評価するための指標の開発や、国家規模のイノベーション・スコアボード等が必要であると強調している点が注目される。

また、このレポートは、専有可能性と技術の公開、公共部門のイノベーションと民間部門のイノベーションといった対立関係にあるとみられていた要素同士の間に補完

関係が存在することを指摘している点などに、システム論的な思考法を窺わせている。また、その結果として、提言の範囲が狭義のイノベーション政策の枠にとらわれていない点にも特長が見られる。

k . ドイツ連邦教育研究省、Zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands, 2005.

このレポートは、ドイツ経済の地位を国際的な技術競争の観点から分析し、現在のドイツのイノベーション・システムの現状と問題点をまとめたものである。マクロ的なデータから見たドイツの現状と世界的なイノベーションの傾向を分析した上で、ドイツの持つ個々の問題点について解説している。ドイツの経済政策上の目標は「高い雇用水準」維持することであり、それを達成するために「適切な経済成長」を考慮した、高度の技術力を育成することが重要であるとしている。

イノベーション・システム全般に関する指標としては、研究開発集約度、研究開発集約製品における貿易収支の寄与度、技術分野別特許取得件数などが用いられている。また、産業全体の競争力の分析に際して、CIS によるデータが活用されている。

このレポートの特長は、イノベーション・システムの評価に当たって、現在の競争力（市場の成果、特許等）、将来の地位を改善するための努力（教育・科学政策、研究開発投資等）、数十年後に影響を及ぼす構造的要素（教育水準、科学水準、経済構造）といった時間軸が導入されている点に見られる。

各種レポートの共通点

11 件の NIS 評価関連レポートは、いずれもイノベーション競争が世界的に高まっているという認識を背景に、自国ないしメンバー国のイノベーション政策に対する提言を行っている。それらの提言がまとめられる際に行われた分析は、以下のフォーカスを重視している点で共通している。

- ・ 教育・労働者の訓練の必要性
- ・ 海外研究者の受け入れの重要性（米国、英国、フランス）
- ・ 基礎研究の状況
- ・ 産学連携、企業間の連携の状況
- ・ 政府研究開発費の増額の必要性
- ・ ベンチャー企業の重要性、それに伴うリスク資金の提供
- ・ 重点分野の選定（フランス、英国）
- ・ 海外投資の状況
- ・ 規制（知的財産制度など）
- ・ 国民のコンセンサスの重要性（米国、英国）

また、これらのレポートでは、分析に当たって以下のような指標が用いられている。

- ・ 国家間の比較（国民経済計算、研究開発費、特許データ、論文）

- ・ 各国の産業、技術の特化レベル（分野別研究開発費、特許データ、論文、輸出入金額）
- ・ 産業間、科学技術との連携（大学・研究機関の予算、共同論文の比率、特許のサイエンス・リンケージ）
- ・ 高等教育の普及レベル（大学進学率、博士号取得者数、技術者・研究者数、就職状況）
- ・ 公的な研究、支援の状況（政府の研究開発予算、論文数）
- ・ 外国投資の状況（企業の海外研究開発子会社データ）
- ・ 中小企業の状況（起業数、倒産件数）

なお、EU 諸国のレポートでは上記の他、CIS データが広く活用されている。

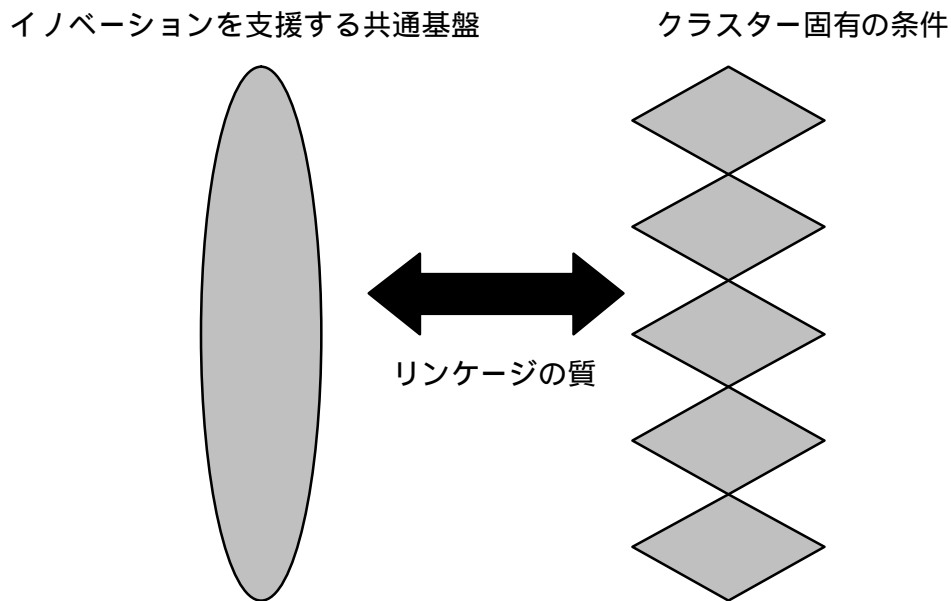
（４）既往評価手法の問題点

既往の NIS 評価レポートについて指摘できる問題は、しばしば NIS の概念的なフレームワークと、その評価手法が対応していないという点にある。NIS の概念的な重要性が明確に意識されている場合でも、NIS のパフォーマンスを評価するにはシステムの構成要素ごとの状況を個別の指標によって国際比較する作業に止まり、また一国のシステム全体に関する評価は各種指標をレーダーチャート等によって示す手法に止まっていることが少なくない。

このような方法論の現状にあって Porter と Stern が作成した米国競争力評議会のレポート（前掲 c）は、システムのパフォーマンスを把握するための概念的なフレームワークと、定量的な評価手法を関連づけようとしている点で例外的な試みとなっている。そこで以下では、このレポートで用いられたフレームワークと評価手法を検討しておく。

彼らは、まず一国における全体的なイノベーションのパフォーマンス（a nation's overall innovative performance）は、イノベーションを支援する共通基盤（common innovation infrastructure）、相互に関連し合う産業の特定グループにおいてイノベーションを支援するクラスター固有の条件（cluster-specific conditions）、およびそれらの間にあるリンケージの強さという 3 つの構成要素によって把握されるというフレームワークを提示している（図表 2.5.1.1）。

図表 2.5.1.1 国のイノベーション能力を構成する要素



出所：米国競争力評議会（前掲 3）

クラスター固有の条件を構成している菱形の図形は、Porter のダイヤモンドとして知られる競争優位の 4 条件（要素条件、需要条件、企業戦略と企業間競争、関連産業と支援産業）の関係図式を模している。

つぎに彼らは、これらの構成要素に関する「イノベーション・インデックス」を探索した。一国におけるイノベーションのアウトプットは、当該国と米国に出願された国民一人当たりの特許件数で代理されるとし、このアウトプットに対する寄与因子を OECD 17 カ国における 25 年間の時系列データを投入した重回帰モデルによって推定した結果、最終的に以下に示す変数を選択している。なお、カッコ内は使用データの出典である。

（イノベーションを支援する共通基盤）

- ・ 研究開発に従事する全従業員数（OECD, Science and Technology Indicators）
- ・ 研究開発費総額（OECD, Science and Technology Indicators）
- ・ 国際貿易および投資に対する開放度（IMD, World Competitiveness Report）
- ・ 知的財産権の保護の強さ（IMD, World Competitiveness Report）
- ・ 高等教育支出の対 GDP 比（World Bank）
- ・ 1 人当たり GDP（World Bank）

（クラスター固有の条件）

- ・ 研究開発費総額に占める民間企業の負担研究開発費の割合（OECD, Science and Technology Indicators）

（リンケージの質）

- ・ 研究開発費総額に占める大学の使用研究開発費の割合（OECD, Science and Technology Indicators）

さらに彼らは、推定された寄与度を各変数のウエイトとして用い、過去のトレンドを外挿して各国における将来のアウトプット指標を算出している。その結果は、1995年時点のイノベーションのランキングでは米国が第1位であるが、1999年および2005年の予測値では日本が第1位になることを示すものであった。

最後に提示されたイノベーション・ランキングは、後藤（2000）が指摘しているように、この種のレポートが、しばしば自国の競争力に対する危機感を煽ることによってイノベーションのための予算を誘導しようとする政策的意図を反映しているという点を割り引いて受け取るべきであろう。その上で、なお彼らのアプローチは各国におけるイノベーション・システムのパフォーマンスの決定要因を構造的に把握しようとしている点で参照すべき試みであると言えるが、そのフレームワークと方法論に重大な問題を残していることを指摘しておきたい。その問題とは以下の4点である。

第一に、彼らのフレームワークでは、イノベーション・システムの構成要素間の関係に、概念的に不明確な点が残されている。もとよりPorterのダイヤモンドを構成する要素条件には、競争優位に寄与するインフラストラクチャー（共通基盤）も含まれていた筈である（Porter 1990）。したがって、「イノベーションを支援する共通基盤」は、恰も屋上屋を架す構成概念となっており、要素条件を含むクラスター固有の条件との関連や、その関連（リンケージ）の質という概念自体が曖昧にならざるを得ない。

第二に、選択された変数には、対応する構成要素の指標として十分な説得力を持たないものがある。「研究開発費総額に占める民間企業の負担研究開発費の割合」と「研究開発費総額に占める大学の使用研究開発費の割合」を、それぞれクラスター固有の条件とリンケージの質に関連する唯一の変数とする選択は、ほとんどフレームワーク自体の棄却を思わせるものである。

第三に、「当該国と米国に出願された国民一人当たりの特許件数」のみでは、イノベーションのアウトプットを測定する上で著しく不十分である。言うまでもなく、新たに創出された科学的・技術的知識の全てが特許出願の対象となるのではなく、また出願された特許の全てがイノベーションに結び付くでもない。特許出願性向は、特許制度や企業の知的財産戦略の差異を反映して国ごとに大きく異なる。また、この変数では米国のみ国際出願の動向が考慮されないことになる。

第四に、彼らの分析は各国のイノベーション能力の比較を目的としているため、パラメータの推定に当たって17カ国のデータを横断的に使用しているが、この手法では各国におけるシステムの特質を考慮した評価を行うことができない。(2)で述べたように、NIS研究の関心は、グローバル経済の下にあっても各国に固有のシステムが存在することに向けられてきた。システムを構成する要素の配置構造や要素間の関係は国ごとに異なっており、本来、各構成要素はいずれの国においても同程度にイノベーションに寄与しているのではない。また、例えば彼らの分析では、独占禁止制度の強さやベンチャーキャピタル制度などは統計的に有意ではないため変数リストから除外されているが、国によっては、それらの要素がイノベーションに大きく寄与している可

能性は排除できない。このような差異を考慮するためには、国別の評価を行う必要がある。

(5) 新たなフレームワークと評価手法の検討¹²⁶

以下では既往評価手法に関する検討の結果を踏まえて、NIS のパフォーマンスを評価するための新たなフレームワークと手法を提案する。

まず、そもそも「NIS のパフォーマンス」とは何かについて考察しておきたい。2 節でみたように、NIS は一般に「新しい技術の開発、導入、修正、普及に関連する私的・公的セクターの諸制度のネットワーク」と定義され、具体的にはイノベーションの中心的な担い手である企業が、政府、大学等のアクターとの間で、知識をはじめとする諸資源のフローを伴うインタラクションを形成する場として理解される。このような「システム」としてのパフォーマンスは、システムのアウトプットであるイノベーションのみならず、システムの構成要素と作動、すなわち諸資源のストックとフロー、諸資源を組み合わせる制度配置、制度間ないしアクター間のインタラクションといった側面からも評価される必要があるだろう。そこで、このようなシステムとしての多様な側面を構造的に把握することを目的として、ここでは NIS を以下のような三つの階層からなるものとして捉えるモデルを提唱する¹²⁷。

イノベーション活動の資源

一国の政府、企業、大学等のアクターが有する研究開発資金、研究開発人材、知的財産権、データベース、組織ルーティンなどのイノベーション活動に用いられる資源の集合、およびイノベーション活動に寄与する共通基盤。

イノベーションに関連する制度

資源のコンフィギュレーションないしアーキテクチャを規定する諸制度。例えば、科学技術政策に関連する法制度、知的財産制度、競争政策、委託開発事業、研究開発補助金、ベンチャーキャピタル、優遇税制、低利融資制度、技術研究組合、技術移転制度、産学連携推進政策、研究開発会計基準、技術標準などが含まれる。

イノベーション・プロセスにおけるダイナミクス

研究開発人材の流動性、産学連携（共同研究、技術移転等の形態を含む）の活性度、

¹²⁶ 本節の内容は、東レ経営研究所が経済産業省の委託により実施した「ナショナル・イノベーション・システム政策の実態調査」の検討委員会において永田が提案した手法を拡張したものである（東レ経営研究所 2003, 2004）。

¹²⁷ この階層モデルは、企業の組織能力を重層的な知識として捉える概念モデルを提唱した楠木・野中・永田（1995）の議論から着想を得ている。

サイエンスリンケージなどによって捕捉されるアクター間の相互作用、競争政策によるライセンス規制や共同研究規制などに現れる制度間の補完関係、およびグローバルな環境下でのシステム間競争を通じたシステムの内部構造へのフィードバック。

この階層モデルのNIS 評価に対する視点は極めてシンプルである。すなわち、このモデルはNIS のパフォーマンスを、イノベーションに必要な資源が保有されているか否か、それらの資源を適切に配置し活用する制度が存在しているか否か、それらの資源が実際に活用されるプロセスにおいてNIS を進化させるダイナミクスが作用しているか否か、という三つの側面から評価するものである。

このモデルをフレームワークとするNIS のパフォーマンス評価は、つぎのような3段階のフェーズに分けて行われるであろう。

(1) フェーズ1

国別に、上記の階層ごとの状況を、個別の指標に基づいて評価する。このフェーズには、階層ごとのベンチマーキングが含まれる。

(2) フェーズ2

アウトプットとしてのイノベーションの指標（特許出願件数、科学論文数、技術貿易収支等の時系列データ）を選択し、あるいは主成分分析によりそれらの変数を主成分スコアに統合した後、これを従属変数として、フェーズ1で使用された3階層の変数に回帰させるモデル分析を国別に行う。これより、イノベーションに対する各階層の寄与度を推定する。

(3) フェーズ3

フェーズ2の分析を、全ての国のデータを連結して行う。推定された各独立変数の寄与度をウェイトとして、将来に亘る各国のアウトプット指標の予測値を求め、各国のパフォーマンスを比較する。その際、制度のグローバルな変化を考慮した複数シナリオを設定し、政策のインパクトに関する予測シミュレーションを試行する。

今後、実際に上記のフレームワークと分析手続きに基づいてNIS の評価を行う過程では、まず各階層の実態を包括的に把握するためのデータの収集と選択が最も困難な作業になるものと予想される。全国イノベーション調査データをはじめ、これまで科学技術政策研究所に蓄積されてきた各種データの積極的な活用が求められる。

参考文献

Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G. and Soete, L. (eds.), (1988), Technical Change and Economic Performance, Pinter.

Freeman, C. (1987), Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan, Pinter. (大野喜久之輔監訳『技術政策と経済パフォーマンス：日本の教訓』、晃洋書房、1989年)

後藤晃・永田晃也（1997）『イノベーションの専有可能性と技術機会：サーベイデータによる日米比較研究』、科学技術政策研究所

後藤晃（2000）『イノベーションと日本経済』、岩波新書

後藤晃・児玉俊洋編（2006）『日本のイノベーション・システム：日本経済復活の基盤構築に向けて』、東洋経済新報社

科学技術政策研究所（2004）『全国イノベーション調査統計報告』

科学技術庁（1999）『科学技術白書（平成11年版）』

経済産業省経済産業研究所（2001）『日本のイノベーション・システムに関する調査研究報告書』

楠木建・野中郁次郎・永田晃也（1995）「日本企業の製品開発における組織能力」『組織科学』Vol.29, No.1.

Lundvall, B. A. (ed.), (1992), National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning, Pinter.

永田晃也（2002）「ナショナル・イノベーション・システム」、杉山公造・永田晃也・

下嶋篤編『ナレッジサイエンス』、紀伊国屋書店

Nelson, R. (ed.), (1993), National Innovation Systems: A Comparative Analysis, Oxford.

野中郁次郎・永田晃也（1995）『日本型イノベーション・システム：成長の軌跡と変革への挑戦』、白桃書房

Odagiri, H. and Goto, A. (1996), Technology and Industrial Development in Japan: Building Capabilities by Learning, Innovation, and Public policy, Oxford. (河又貴洋・絹川真哉・安田英土訳『日本の企業進化：革新と競争のダイナミック・プロセス』、東洋経済新報社、1998年)

OECD, (1999), Managing National Innovation Systems, OECD.

岡田羊祐（2006）「産学官連携と政府の役割：ナショナル・イノベーション・システムの視点から」鈴村興太郎・長岡貞男・花崎正晴編『経済制度の生成と設計』、東京大

学出版会

Ostry, S. and Nelson, R. (1995), Techno-Nationalism and Techno-Globalism: Conflict and Cooperation, The Brookings Institution. (新田光重訳『テクノ・ナショナリズムの終焉：テクノ・グローバリズムと国際経済統合の深化』、大村書店、1998年)

Porter, M. E. (1990), The Competitive Advantage of Nations, The Free Press. (土岐坤・中辻萬治・小野寺武夫・戸城富美子訳『国の競争優位』ダイヤモンド社、1992年)

東レ経営研究所 (2003)、『ナショナル・イノベーション・システム政策の実態調査報告書 (平成14年度経済産業省委託調査報告書)』

東レ経営研究所 (2004)、『ナショナル・イノベーション・システム政策の実態調査報告書 (平成15年度経済産業省委託調査報告書)』

2.5.2 イノベーション・システムのガバナンスに関する比較制度研究

【角南 篤（政策研究大学院大学 助教授）】

（１）はじめに

冷戦の終結やグローバル化に伴って、従来の科学技術政策や産業政策からイノベーション政策へという政策パラダイムのシフトが生じており、世界各国はイノベーションを通じた成長を目指して様々な取組を行っている。また経済や社会のグローバル化によって、従来の政策パラダイムでは想定していない課題が生じており、それらの課題に対処するためにも、イノベーション・システムのガバナンスについての制度改革が要請されている。このような制度改革は、通常理解では、イノベーションの促進にむけてより合理的な方向へ進むことを意図して行われると考えられているが、実際の制度改革においては、制度の歴史的な経緯や、その国の政治システムの構造、関係する各アクターの行動などの、様々な要因が関係している。そのため制度改革の過程は必ずしも合理的な意思決定の過程ということとはできない。むしろ制度改革においては、ある特定の状況下で様々な要因が相互作用し、その結果として制度が生み出されており、その過程の特徴が重要な役割を果たしていると考えられるべきである。このため、イノベーション・システムのガバナンスとその制度を理解するためには、各国の政治システムや制度改革の政策過程を理解することが必要である。ガバナンスに関わる様々な制度や政策は、各国特有の政治システムの中で行われる政策過程を通じて決定され実施される。その過程を理解して初めて、今後のイノベーション・システムのガバナンスの改革を議論することができる。

このような観点から、本研究では、我が国のイノベーション・システムのガバナンスの特徴を、国際的比較と事例分析を通じて明らかにすることを目的とする。

（２）科学技術政策からイノベーション政策への政策パラダイムのシフト

現在、世界の国々は、イノベーションを通じた発展を目指して、様々な政策を立案・実施している。米国では、2006年11月の中間選挙によって議会の多数を占めた民主党が“*Innovation Agenda*”を提示した（Pelosi, 2006）。そこでは1）今後4年間で科学者、エンジニア、数学者を新たに10,000人養成する、2）基礎的研究に対する資金を倍増する、3）5年以内ですべての米国市民がブロードバンドを利用できるようにする、4）10年以内でのエネルギー面での自立、5）起業家や中小企業を強化し、米国のイノベーションに貢献できるようにする、などの目標が挙げられている。また、また欧州では2007年1月より始まった第7次フレームワーク・プログラムにおいて、イノベーションは、研究、教育と並んで“*Knowledge Triangle*（知の三角形）”のひとつとして位置づけられている（CORDIS ホームページ）。我が国においても、第3期科学技術基本計画では、政策目標の一つとして、「イノベーター日本」が設定され、イノ

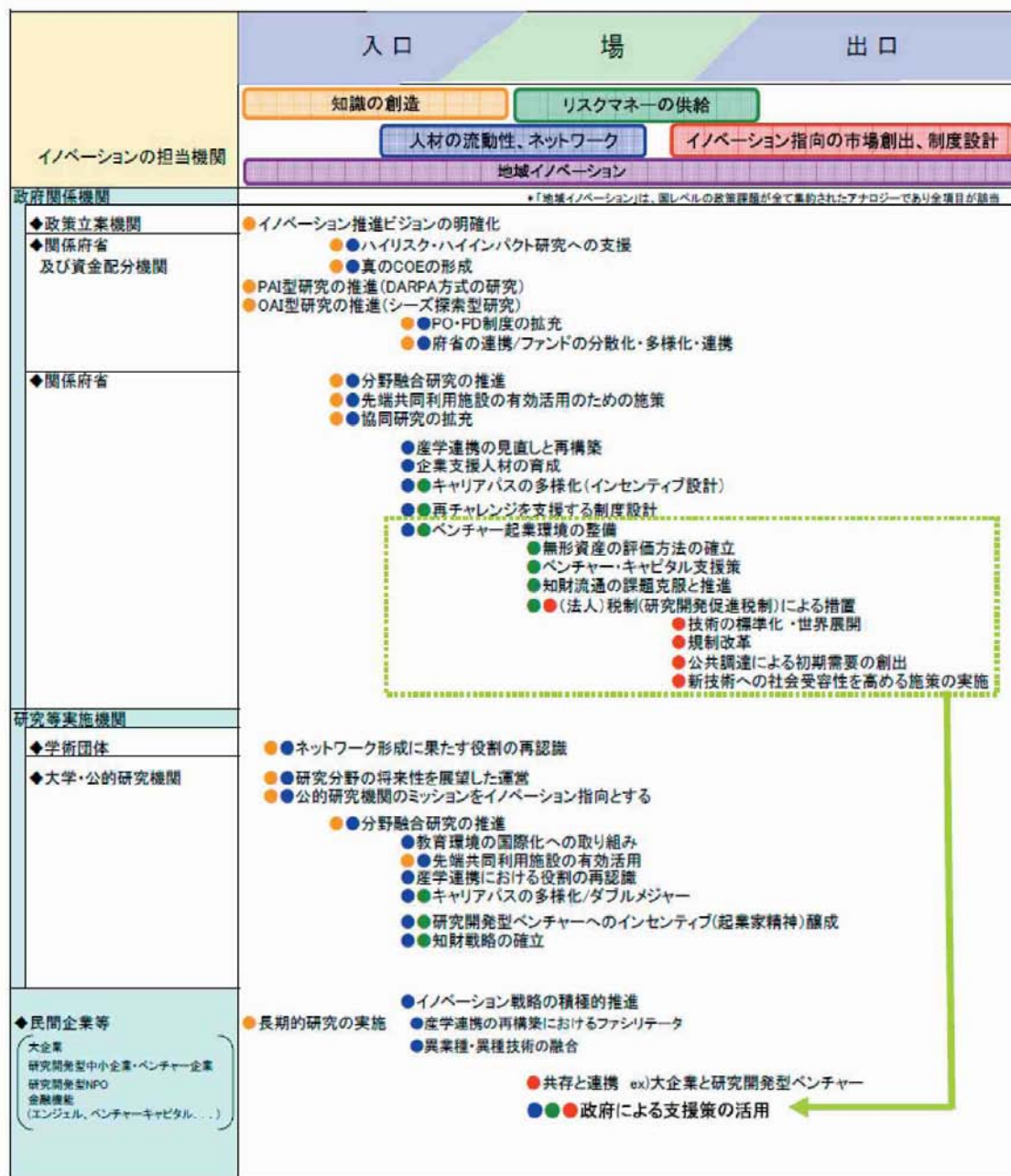
ベーションの創出が重要な課題として設定された。また現在内閣府では、2025 年までを視野に入れたイノベーション促進のための長期戦略である「イノベーション 25」の策定に向けて取組が進められている。その中では、イノベーションの基本戦略として、科学技術の芽を生み出し最終製品やシステムまで育てる「科学技術イノベーション」、イノベーションを誘発しやすい社会をつくる「社会イノベーション」、そしてイノベーションを生み出す人材を作り出す「人材イノベーション」という 3 つ分野についてイノベーション推進の基本戦略を策定するとともに、早急に取り組むべき政策課題として、環境分野のイノベーション、次世代投資（若者への投資、IT の利用拡大など）の倍増、大学改革、科学技術投資の抜本的拡充、イノベーション創出・促進に向けた各種規制・制度・ルールの見直し、「イノベーション立国」に向けた推進体制の整備を挙げている（内閣府，2007）。

このような最近のイノベーションによる成長を目指した戦略以外にも、我が国では 1990 年代以降、総合科学技術会議の設置、産学官連携の制度化と強化、知的財産権の保護の強化などの様々な制度改革が行われてきており、このような多様な取組も、現在イノベーションという概念のもとで捉えなおすという、「政策パラダイム」（Hall，1990）の変化が生じている。

（３）政策パラダイムのシフトがもたらす課題

政策領域の拡大と参加アクターの増加

イノベーションという概念は非常に幅広い概念であり、従来の科学技術政策や産業政策からイノベーション政策へという政策パラダイムのシフトによって、従来では想定していなかった政策領域やアクターが、イノベーション政策では関係するようになる。科学技術振興機構研究開発戦略センター（2007）では、「科学技術に基づいて新しい社会的・経済的価値を創造すること」を「科学技術イノベーション」として定義し、科学技術イノベーションにおける政策課題と関連機関のリストアップを行っている。図表 2.5.2.1 に見られるように、そこには、研究開発だけでなく、高等教育や人材育成、産学官連携、金融制度、税制、技術標準などといった多様な政策領域にまたがる政策課題と、政府機関や学術団体、民間企業などの数多くの機関が関係するようになっている。

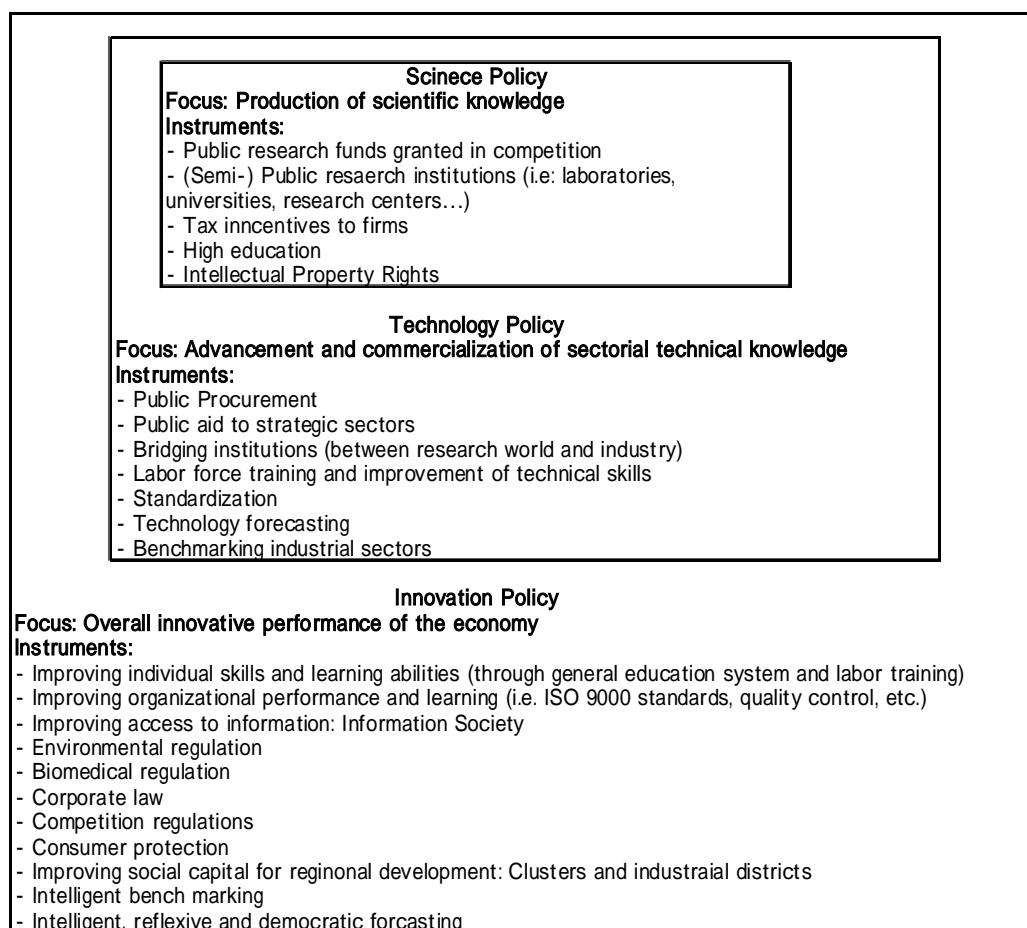


図表 2.5.2.1 科学技術イノベーションにおける政策課題と関連機関
(科学技術振興機構研究開発戦略センター, 2007)

このようなイノベーション政策への政策パラダイムのシフトがどのような課題をもたらすかについて、Lundvall と Borass (2005) は科学政策 (Science Policy)、産業政策¹²⁸ (Technology Policy)、イノベーション政策 (Innovation Policy) の3つの類

¹²⁸ 直訳では「技術政策」だが、内容は日本語での「産業政策」に対応。

型¹²⁹を用いて説明している（図表 2.5.2.2）。それによるとイノベーション政策においては、既存の制度におけるイノベーションを促進するとともに、さらなるイノベーションを促進するための制度改革（産学連携の強化や知的財産権の強化、独占禁止法等の不正競争防止法の改正など）が求められる。また多様な政策領域とアクターが関係してくることにより、基礎教育や社会保障などイノベーション政策と異なる政策目的をもつ政策領域や関連省庁との協調・調整が必要となるとしている。またイノベーション・システムでは、政府、大学、産業などの各組織とそれらの間の関係という制度的・組織的側面により着目し、これらの組織とそのシステムの能力に焦点を当てるため、より複雑な社会的・政治的過程を理解することが要請される。つまり様々な組織や政策領域が関係してくるイノベーション政策では、様々な原則や利害が関係し、関与するアクターも多様になる。そのためにこのような様々な制度やアクターの利害や原則を調整し、政策の整合性を図ることが求められており、各国ではそのための制度改革が行われているのである（OECD, 2005）。



図表 2.5.2.2 科学政策、産業政策、イノベーション政策との関係(Lundvall and Boras, 2005, p.617)

¹²⁹ この3類型はあくまでも理想形（"ideal types," 理論モデル）であり、実際ではこれらの3類型の特徴の強弱が各国のイノベーション・システムを特徴付けることになる（Lundvall and Borass, 2005, p.602）

非政府部門の役割の拡大と政府の役割の再定義

このような政策パラダイムのシフトによって対象となる政策領域の拡大や参加アクターの多様化が生じる課題のほかに、ガバナンスが対処しなければならない課題がある。それはイノベーションにおける非政府部門の役割の拡大と、政府の役割の変化である。

経済社会の発展に伴い、先進各国では民間企業や財団等の非政府機関での研究開発活動が拡大している。このことについては、基礎的研究よりも応用研究の方が、一般的に投資額が大きくなるため、応用研究に重点を置く民間部門の研究開発投資が大きくなるという理解がなされてきた。しかしながらイノベーションという観点で見た場合には、市場というメカニズムを通じて、社会経済的需要と研究開発の成果を結びつける民間企業は重要なアクターであり、その活動を促進するための環境を作ることが、政府の課題となっている。また、グローバル化にともない、民間企業は知識と人材をもとめて世界的に研究開発活動を展開するようになってきている。このような越境的活動は、従来の国単位でのイノベーションを考えることの限界を示しており、政府の役割の再考を促すものでもある。

これらのほかに、特に米国では、医学研究を支援するハワード・ヒューズ医学研究所やマイクロソフト社の会長のビル・ゲイツが設立したビル&メリンダ・ゲイツ財団などの非政府系組織が、政府系機関とは異なった方針で研究活動に対して支援を行っており、このような非営利団体のイノベーションにおける役割も注目されるようになってきている。

以上のような非政府部門における研究開発活動の拡大が見られる一方で、イノベーションにおける政府の役割についても変化が見られている。1980年代後半以降、日本を含む先進国では、国営企業の民営化や民間的経営手法の導入などによって、政府の直接的な経済活動の縮小化が図られてきた。このような「小さな政府」を志向する制度改革の潮流の中で、イノベーション促進のための政府の政策手段にも変化が生じている。具体的には、我が国においてかつてみられた国営企業の基礎研究所における研究開発と企業への技術移転や、政府調達による初期需要の創出などの政策手段は、国営企業の民営化や世界貿易機関（World Trade Organization, WTO）の政府調達協定の締結などにより、実施が困難になっている。そのため政府は、知的財産権制度の強化や産学官連携制度の整備などの制度の改革などの間接的手段を用いるようになってきている。このような、政府の役割についての大きな変化は、イノベーション・システムに大きな影響を与えるとともに、それによって産業構造やアクターの組織化などの変化を生じさせるため、ガバナンスを考える上でも重要な影響を及ぼしている。

(4) グローバル化がもたらす新たな政策課題

以上のような政策パラダイムのシフトによって生じる課題に加えて、経済や社会のグローバル化は、イノベーション・システムのガバナンスに新たな課題を提示している。その代表的なものは、(1) 人材の国際的流動化、(2) 国際的な技術移転(3) 産業の国際的分業、(4) 越境的問題への対応、などである。またグローバル化は、国境を越えて地域同士が結びつくようになってきており、このような地域イノベーション・システムのネットワーク化と、人材等を巡る相互の競争という現象も生じてきている。

人材の国際的流動化

イノベーションにおける人材の重要性は以前からも指摘されてきたが、その国際的流動化という側面について注目を集める契機となったのは、米国の 9.11 同時多発テロの発生後の、米国への留学生の減少であった。入国管理の基準が強化されたこととそれによる事務手続きの煩雑化により、2001～02 年の留学生数は 582,996 人であり、それまで 2 年連続で前年比約 6% 増であったが、2002～03 年度には、586,328 人で約 0.6% の伸びに留まり、その後 572,509 人(2003～04 年度、前年比 -2.4%)、565,039 人(2004～05 年、同 -1.3%) と 2 年連続で減少した(IEE, 2006)。このような傾向は、海外からの優秀な人材に依存している米国の国際競争力を弱めることになるとして、教育界からだけでなく産業界からも懸念が表明され改善が要求された。その結果として規制が緩和され、現在、留学生数は回復傾向にある(ibid, 2006)。このような米国への留学生は、米国のイノベーションにとって重要であるだけでなく、留学生を送り出す国のイノベーションにとっても重要な存在である。台湾や韓国、中国、インドなどの発展にとっては、米国に留学した人材が持つ知識やノウハウが重要な役割を果たすとともに、これらの国々のイノベーション・システムはそのような人材が持つネットワークによって米国のイノベーション・システムと結びついている(Krishnan et al., 2003; Friedman, 2005; Saxenian, 2006)。このような背景の下に、各国は高度技能人材の獲得を目的にして様々な施策を実施しており、中国に代表されるように、政府レベルでの留学人材の帰国支援策のほか、サイエンス・パークにおける留学生の起業支援のための行政サービスのワンストップ化や帰国者の子弟のための教育などのサービス・インフラの整備なども行っている(角南他, 2003)。

国際的な技術移転とグローバルなガバナンスのレジームの必要性

グローバル化により国際的な技術移転はますます拡大しつつある。このような従来の国を超えた国際的技術移転の拡大に関連して、国際的な管理のレジームの必要性が議論されている。そのよう例としては、知的財産権の国際的な管理と安全保障の事例が挙げられる。

知的財産権については、現在 WTO（世界貿易機関）の TRIPS 協定（Agreement on Trade Related Aspects of Intellectual Property Rights）により知的財産のハーモナイゼーションが進んでいる。このような知的財産権制度のハーモナイゼーションは、先進国にとっては、多大な投資を行った知的財産が保護されることを担保するものであり、その点では国際的な技術移転を促すことにつながるかもしれないが、独自の研究開発能力や産業化の能力の構築という課題を持つキャッチアップの段階にある国々にとっては、その自立的発展に対してどのような影響を及ぼすかについては検討が必要である。

また国際的な技術移転の拡大は、国際的なテログループや犯罪集団、危険国への軍事関連技術の流出の拡大という問題を生じさせている。このような軍事関連技術の技術流出の国際的な管理制度としては、旧共産圏への技術流出を防止するための COCOM（対共産圏輸出統制委員会，Coordinating Committee on Multilateral Export Controls）では、輸出禁止国を指定するという国を対象としたアプローチが取られていた。しかし、冷戦の終結と旧共産主義国の自由経済への移行、国際的テログループや犯罪組織の活動の拡大などに伴い、このような国を対処としたアプローチの限界が明らかになった。そのため 1996 年に成立したワッセナー・アレンジメント（The Wassenaar Arrangement on Export Controls for Conventional Arms and Dual Use Goods and Technologies）においては、特定の国を指定するではなく、すべての国・地域及びテロリスト等の非国家主体を対象とするようになっていく。従来の国を対象とした管理制度から、地域や非国家主体を対象とするようになったことにより、他国との情報の共有や技術流出のモニタリングなどがより重要になっており、グローバル経済において技術の適切な移転と安全保障の両方をどのように確保するかということが課題となっている（Foulon and Padilla, 2007）。

産業の国際的分業

グローバル化とインターネットの拡大は、産業の国際的分業を拡大させている。特にサービス産業において、その流れは顕著であり、例えばインドの IT 産業の発展は、ソフトウェア開発だけでなく、米国などの企業の業務プロセスの一部のアウトソーシングを受ける BPO（Business Process Outsourcing）によって発展してきている（Freedman, 2005; Krishnan, 2003）。このような産業の国際的分業化は従来、製造業が安価な労働力を求めて製造拠点を海外に設立するという形で行われてきたが、現在では研究開発拠点を海外に設立するなど、単なる安価な労働力だけでなく、知識や現地のニーズを求めた国際分業が進んでいる。

越境の問題への対応

現在、地球環境問題や、地震・津波などの自然災害、SARS（Severe Acute Respiratory Syndrome, 重症急性呼吸器症候群）や鳥インフルエンザなどの新興・再興感染症、海洋汚染など、従来の国境を越えた越境の問題にどのように対処するかということは、

世界各国の課題である。グローバル化により、世界各国の経済社会は密接に結びつくようになった。このため、特に新興・再興感染症などは、人や物質の国際的流動性が高まった現在、2002 年の SARS 発生 の例で示されたように、その影響は人的健康被害だけでなく、経済社会の発展、イノベーションそのものにも結びつくようになっている。このような越境的問題への対応は、1 国だけでは不可能であり、多国間での協力の枠組が求められている。問題の発生メカニズムについての国際的な共同研究や、モニタリングなどの情報共有、リスクの管理や問題が発生した場合の緊急的対応における協力など、対応しなければならない課題は多い。このような課題に対処するために、東南アジア諸国連合 (Association of Southeast Asian Nations/ASEAN) や日中韓 3 カ国会合といった枠組での共同研究などの国際的協力に向けた議論が行われている。

地域イノベーション・システム

以上のようなグローバル化によって生じる課題によって、国家を超えたグローバルなガバナンスが要請されるようになっているが、その一方で国よりも下のレベルである地域 (Region) に焦点を当てた地域イノベーション・システム (Regional Innovation System) に注目が集まっている。

地域イノベーション・システムとは、ある地域の生産システムにおけるイノベーションを支えるような制度的インフラストラクチャーであり (Asheim and Gertler, 2006) これは、米国のシリコンバレーに代表されるように、実際のイノベーションがより多く生じているような地域が偏在していることから生じた概念である。イノベーションの発生が地理的に集積する理由としては、イノベーションにおいて " tacit knowledge (暗黙知、Polanyi, 1958) " が重要な役割を果たしており、それは明文化して表現することや距離を越えた交換が難しいことが指摘されている。またイノベーションにおいては社会的な学習が重要な役割を果たしているが、そのためにも社会的相互作用があることが必要だからである。また先にも述べた人材の国際的流動化の中で、イノベーションの担い手である創造的な人材をひきつける環境づくりも重要になっている。Florida (2002; 2005) はそのような環境の持つ特性として、人材がある一定の数 (クリティカルマス) を越えていること、社会的多様性があること、寛容さなどを挙げている。

地域イノベーション・システムにはいくつかの類型が存在する (Cooke, 1998; Asheim and Isaksen, 2002) 。1 つ目は地域密着型のイノベーション・システムである。これは地域の中小企業や地域産業のネットワークを基盤に自然発生的に生じたイノベーション・システムである。2 つ目は、地域ネットワーク型のイノベーション・システムであり、政策的な介入によって成立したイノベーション・システムのことである。つまり地方公設試験所や職業訓練施設を設立したりするという政策によって、自然発生的に生じた産業クラスターをより発展させるという計画にもとづいて成立したイノベーション・システムである。3 番目は、国家型地域イノベーション・システムであり、国家主導によってイノベーションを生み出す地域を作り出そうとするものである。その代表例は、理工系大学や公的研究機関を集めたサイエンス・パークである。しかし

ながら一般的にサイエンス・パークは大企業との関連が強く、地域の産業や、サイエンス・パーク内での相互関係が薄いことが指摘されている（Asheim and Cooke 1998; Henry et al., 1995）。現在、国際的な人材獲得競争の下、特にアジアの各国は、政府主導でサイエンス・パークや産業団地を設立するなどの環境整備を行っているが、人材にとって魅力的な環境を生み出すとともに、地域内の社会的ネットワークをいかに構築するかが課題になっている。

人材の国際流動化以外にも、グローバル化が進む現在、地域同士が国境を越えて結びつきグローバルなネットワークを形成するようになってきている（Giddens, 1999）。そのため、地域イノベーション・システムにおいては地域レベルのガバナンスが重要な役割を果たすとともに、法制度や金融制度、経済政策、安全保障などの国家レベルでのガバナンスも同じように重要な役割を果たす。つまりこれらの両方のレベルでのガバナンスをうまく調整する必要が生じる。現在、我が国においても地域クラスターを生み出すことを目的として、経済産業省による産業クラスター計画（2001 年～）、文部科学省による知的クラスター創生事業（2002 年～）が行われている。また 2002 年に内閣に構造改革特区特別推進本部が設置され、地域の自発性によって構造改革を推進する取組が行われている。このような枠組を利用して地域イノベーション・システムを構築していくか、そのときに地域と国家それぞれがどのような役割を果たすべきかを検討する必要がある。

（５）先行研究

ガバナンス研究への注目

以上のようにイノベーション政策への政策パラダイムのシフトと、社会経済のグローバル化は、イノベーション・システムのガバナンスに新たな課題を提示している。多様な政策領域や関係するアクターが関与し、また従来の国家という単位を越えた課題に対処するためのイノベーション・システムのガバナンスの制度改革は、我が国だけでなく、世界各国の課題となっており、イノベーション研究においてもこの点に焦点が当てられてきている。OECD（経済協力開発機構）は、リニアモデルをベースとした第 1 世代のイノベーション研究、ナショナル・イノベーション・システムのモデルを採用した第 2 世代のイノベーション研究という従来のイノベーション研究に対して、多様な範囲にわたるイノベーション・システムをどのようにして統治するかというガバナンスのメカニズムに注目する比較研究を行い、このような研究を第 3 世代のイノベーション研究として提示している（OECD, 2005）。

従来のイノベーション研究においては、イノベーションにおける政府の役割について、いわゆる「市場の失敗」を補完するものという位置づけがなされている。しかしながら政府は単なる 1 つの経済主体というだけでなく、制度を作り運用することによってイノベーションに影響を与える主体でもある。また政府は選挙やロビイングを通じて、経済社会からの影響を受けてそのような活動を行っており、その動的なメカニ

ズムそのものがイノベーションに影響を及ぼしていることに着目する必要が指摘されている (Nelson, 1997; Edquist, 2001; Hart 2002)。

このように、ガバナンスを考える上では、政策や制度がどのような過程を経て作られ、実施されているかという政策過程 (Policy Process) についての理解が不可欠である。政策過程は、各国がそれぞれ長い歴史を経て作り上げてきた固有の政治システムの中で行われる。このような政治システムには、議会と政府の関係、政党および政治家の役割、行政組織の構造、ステークホルダーの組織化とロビイングのあり方、政策における専門家の位置づけ、などの様々な要素がある。実際の政策過程ではこれらの要素が複雑に相互作用し、その結果として政策が作られ、実施されることになる (Hart, 2001; Edquist, 2001)。このような複雑なシステムの理解することによって、はじめて、イノベーション・システムのガバナンスを理解し、その制度改革に向けた議論をすることが可能になる。

イノベーション・システムのガバナンスにおける論点

イノベーション・システムのガバナンスを考える上で重要になってくる点として、a．政治システム、b．政府の予算過程、c．専門家の役割、が挙げられる。

a．政治システム

議会や行政府、司法といった国家の基本的な構造は、その国におけるガバナンスの基本的な枠組を決定している。大統領制の米国と議院内閣制の日本や英国とでは知行政府と議会や司法との関係は大きく異なっており、そのことがイノベーション・システムのガバナンスにも影響を及ぼす。また中央政府と地方政府との関係、権限の分配も、特に地域イノベーション・システムを検討する場合には重要になってくる。イノベーション・システムのガバナンスを考える上ではこのような基本的な政治システムがどのような意味を持つのかに着目する必要がある (Hart, 2001; Ouyang, 2006)。

b．予算過程

議会制民主主義国家においては国家の政策はすべて予算化され、議会によって承認され実施される。米国では、個別の歳出予算を決める法律が議会によって制定されこれの集合が国家全体としての予算となる。これに対して日本や英国では予算は内閣によって全体が取りまとめられ編成される。このため米国では予算の編成過程は議会において行われ、予算案の修正も日常的であるが、日本や英国では予算編成は行政府において行われ、提出された予算が議会で修正されることはほとんどない。そのため、行政府においてどのように予算が作成されるかという予算過程が重要になってくる (Wildavsky, 1984; 貝塚, 2003)。このような予算過程にどのようなアクターがどのような形で参加するかということは、政策形成とその実施に重要な影響を与えるが、我が国の科学技術政策やイノベーション政策においてその過程を明らかにした事例は少ない (城山他, 1999; 2002)。

c．専門家の役割

科学技術の発展が進むにつれて、政策における専門家の役割は拡大してきた。その利用形態は、歴史的発展の経緯や専門家に対する見方の違いによって国ごとに異なった方法がとられてきた（Jasanoff, 1986; Renn, 1995）。しかし近年のイノベーション・システムにおける政府の役割が変化し、そのガバナンスの構造も変化してきたことから、そこにおける専門家の役割にも変化が生じている。オランダにおける Rethinking プロジェクトはこのような問題意識の元に、オランダ国内及び周辺国におけるガバナンスの構造の変化とそこにおける専門家の役割の変化の関係について調査プロジェクトを実施しており、従来のコーポラティズムからリベラリズムと討議制民主主義（Deliberative Democracy）へと変化する中で専門家の役割が変化してきたことが事例研究を通じて示されている（Halffman, 2006; Hoppe, 2005）。しかしながら、ガバナンスの構造の変化が我が国の政策形成における専門家の役割にどのような影響を及しているかということについては、いまだ検証されていないのが現状であり、この点を事例分析と国際比較によって明らかにする必要がある。

（6）研究課題

以上のような問題意識のもと、我が国のイノベーション・システムのガバナンスの特徴を明らかにするため、以下のような調査研究が求められる。

イノベーション・システムのガバナンスに関する政策、制度、アクターのマッピング

分析のための第1段階として、多様な範囲にわたるイノベーションについて、我が国における政策、制度を特定し、マッピングする必要がある。これは我が国において実際にどのような政策や制度がイノベーションを目的として、あるいはそれと関連して実施、整備されており、またそこにどのようなアクターが関係しているのかという事実を収集することが、実証分析には不可欠であるからである。このようなマッピングによって得られた知見は、その先の国際比較制度分析や政策過程分析を行う際の基礎となる情報となる。

a．プログラムの抽出とグルーピング

イノベーションに関わる政策プログラムの抽出とグルーピングを行う。

イノベーションは非常に幅広い範囲にわたるため、それに関する政策も多岐にわたる。またその政策目的を実現するためのプログラムも多岐にわたることになる。このような多様なプログラムを政策文書等から抽出し整理する。そのような政策文書として第1に挙げられるものは第1期から第3期までの科学技術基本計画であるが、その中に含まれない政策プログラムも存在することを考慮し、関連省庁の審議会資料等の政策文書も調査する。

以上の手順によって得られた、プログラムを政策課題ごとにグループ化する。その際には、現在のイノベーション・システムのガバナンスに求められている課題（政策領域・アクターの多様化、人材・知識の国際的流動化、知的財産制度などの制度のハーモナイゼーション、越境的問題に対処するためのグローバル・ガバナンス、地域イノベーション・システムなど）に対応する形で行う。

b．関係アクターの特定

以上のようにして得られた、イノベーションに関する政策課題ごとに、関連するアクターを特定する。そのようなアクターとしては、政治、行政、産業、民間、科学技術コミュニティなどにいるアクターが挙げられる。具体的にどのようなアクターがどの政策課題に関係しているのかを、政策文書等を下にして特定する。

政策過程分析

イノベーションに関する政策課題の中から、いくつかの政策課題を抽出し、その政策課題に関連するプログラムや制度がどのようにして成立し、実施されているかについての政策過程分析を行う。このような政策過程分析では、後で述べる国際比較を前提とするため、政策課題の抽出や分析の手法は、国際比較が可能な方法で実施する必要がある。

国際比較分析

いくつかの政策課題について、ガバナンス・システムの国際比較を行う。比較対象としては英国を対象とする。その理由としては、日英両国は議院内閣制（日本、英国）をとっており、イノベーションを志向した制度改革に取り組んでおり、しかもともに小さな政府を目指す新自由主義の制度改革が行われているという共通点があるが、予算制度、議会によるコントロールの違い、関連アクターの組織化の仕方などの点で違いが見られることにある（大山，2003）。このような違いがイノベーションのガバナンスにどのような違いを生み出しているのか、そして我が国の特徴はどのようなものであり、それによる影響はどのようなものなのかを特定するためには、英国との比較を行うことでより明確になると考えられる。

比較事例としては、a．イノベーション政策の予算決定過程、b．産学連携政策、c．イノベーションと宇宙政策のガバナンス、等が想定される。

a．イノベーション政策の予算決定過程

政府の主たる機能は国家予算の配分とその実施である。イノベーション政策において、政府の役割は多岐にわたるが、情報通信技術やナノテクノロジーなどの戦略的重点分野への重点的な資源配分は、イノベーションに重要な影響を与えている。このような予算決定過程にどのようなアクターが参加し、どのようにして決定されているか、そしてそのような特徴の違いがどのような影響を及ぼしているかということを明らか

にするため、政府の科学技術予算・イノベーション政策関連予算の決定過程の国際比較を行う。

b．産学連携政策

産学連携制度は、ナショナル・イノベーション・システムにおいて重要な役割を担っている。世界各国は米国の例にならい産学連携制度の強化に努めてきた。しかしながら、このような産学連携制度の制度改革やその後の実施過程で、参加したアクターやその目的、そしてそれらの相互作用の結果としてどのようなガバナンスの構造が生じたのかという事例研究はなされていない。そこでこのような産学連携制度の制度改革について、日英での事例研究を行い、その過程とその結果としてのガバナンスの構造の特徴を明らかにする。

c．イノベーションと宇宙政策のガバナンス

イノベーション政策への政策パラダイムのシフトは、従来の政策領域のガバナンスの構造を変化させるのだろうか？またはその変化には国によって違いがあるのか？本研究では従来から存在する政策領域として宇宙政策を取り上げ、そのガバナンスについて国際比較を行う。宇宙政策は従来、軍事政策あるいは科学政策という領域で進められてきた。だが英国のこれまで宇宙政策の大きな特徴としてイノベーションに資する宇宙技術の開発が目的となっている点が挙げられる。さらに、英国は昨年より宇宙政策の見直しに着手しており、イノベーションの観点からの見直しという点で格好の事例である。宇宙政策のガバナンスがイノベーションという観点でどのように変容してきたのか、そして日英での違いはどのようなものを国際比較により明らかにする。

政治家に対する意識調査

政策過程において政治家は重要なアクターのひとつである。民主主義国家においては、選挙という手段で民意を代表するものとして選出された議員によって議会が構成され、法律の制定や予算の承認などを行う。また政治家は様々な利益団体からのロビイングを受けて、その代弁者として政策過程に関与することもある。我が国において政治家が科学技術やイノベーションについてどのような認識をもち、政治活動の中でどのような位置づけがなされているのかを明らかにすることは、我が国のイノベーション・システムのガバナンスを理解するうえで不可欠である。

そこで、我が国の政治家に対してイノベーションおよび科学技術に関する意識調査を行う。可能であれば日英での国際比較を行う。この意識調査は毎日新聞科学部との共同調査等が想定される。

今後の進め方

今後、以上のような我が国のイノベーション・システムのガバナンスのマッピング、事例調査、国際比較を進めることが重要である。

(7) 事例研究計画 1 : イノベーションの予算決定プロセスおよび産学連携制度¹³⁰

はじめに

科学技術は現代経済の中核的な要素として広く考えられている。多くの政府がこれまで、科学技術の歳出予算配分目標を定め、支出、出版物、技術の流れ、特許取得活動という点におけるイノベーション制度の動きを綿密に監視してきた。予算・政策面において科学技術に重点が置かれているにもかかわらず、科学技術がどう統治されているかに関する研究では、これまで、リスクと不確実性の管理（2001 年 Glynn ら、2003 年 Bruna を参照） または科学技術における部門別の管理（例えば 2006 年 Jamal） をめぐる問題に主に取り組んできた。本節では、科学・イノベーション政策の統治を詳しく調査する上で有意義な領域として挙げられている下記 2 分野について概要を説明する。

事例研究案

英国と日本を比較した事例研究を進めるには、科学技術政策に関する予算がどのように決定されるか、および産学の連携を統治する制度の違いが重要である。これらの課題は、いずれも日本の政策状況と関連している。全体的に主要な課題となるのは、採用される統治システムを理解する手段としての政策の変更、および政策決定・展開におけるアクターの関わりである。

a . イノベーションのための予算決定・プロセス

（概要）

市場の失敗という理論的根拠から生じる科学への政府支援の役割は明確であるにもかかわらず（1959 年 Nelson）、政府がどのように実際これらの予算配分方法を決めるのか、および予算配分の実行にどのような手段が用いられるかについての調査研究は不十分であった。英国と日本で、どのように予算が決定されているかを検討することで、イノベーション政策に関する予算決定における資金配分・アクターの関わりについての方法が明らかになると考えられる。

英国では、公的支出予算の決定方法について様々に変化してきた。Comprehensive Spending Reviews（CSR：包括的歳出見直し）が 1998 年に導入されたあと、2000 年、2002 年、2004 年と続き、次回は 2007 年度 CSR となっている。これら CSR は、政府が公共支出の優先項目を決定する上でより大きな財務的安定性を得ることを求めている（1998 年 HM Treasury）。

CSR は、各省庁の評価の指標となる目標を導入することにより、政治制度の統治に

¹³⁰事例研究の計画策定にあたって、小山田和仁氏（日本学術振興会地域交流課研究員）、Lee Woolgar 氏（科学技術政策研究所国際客員研究員）の支援を賜った。

より広い影響を及ぼしてきた。Public Service Agreements (PSA：公共サービス協定)と呼ばれるこれらの目標は3ヶ年目標であり、各省庁に合わせて設定されている。各PSAは省庁の目的、優先目標、成果をベースとした業績目標を設定している。さらに、2014年までに研究開発への公共・民間投資をGDPの2.5%とするという野心的な目標と合わせて、英国の科学・イノベーションの長期ビジョンを定めるScience and Innovation Investment Framework(科学・イノベーション投資10ヶ年計画)が導入されている。

一方、日本は憲法で「内閣は予算案を組み、これを国会に提出する」と定めている。予算の編成を含めた国家財政に関しては、財務省が全般的に管轄しており、同省内では主計局が予算案の作成を担当している。日本の会計年度は4月1日から始まり、予算編成プロセスは前年度の夏から始まる。初期段階において、各省庁は8月末までに概算要求を財務省に提出する。1995年に科学技術基本法が制定された後、研究環境の改善を目的とした科学技術投資5ヶ年年計画が導入され、第3期科学技術基本計画(2006年～2010年)は現在実行段階にある。

予算の決定方法および科学・イノベーションの関与者との関わり方について、従来あまり調査研究が実施されていなかった。従って、本調査研究に向けた問題点は、次のとおりである。

ステークホルダー(利害関係者)は対政府ロビー活動をどのように構築したのか？

政策サイクルの過程においてやり取りはどのように変化してきたのか？

これら関与者の影響は、イノベーション政策の変更において識別が可能なのか？

関与者は政策立案者の要求にどのように応えるのか？

「資金調達の構造」と「業績目標の活用」を比較した場合の意味合いは何か？

(データ)

政府報告、プレスおよび関連する学術的な論評解説、ステークホルダーとのインタビュー

(主要なステークホルダー)

政府、高等教育機関、研究・産業界

b. 産学連携の推進

(概要)

1980年にアメリカでBayh-Dole Act(バイドール法)が制定されたのに続き、大学研究と産業界との連携は、先進国において重要な政策課題となっており、発展途上国でも注目が高まっている。各国政府は、知的財産権を大学に譲渡する、共同研究のためのインセンティブを提供する、産業界との連携を管理・構築するため大学により大きな自治権を与える等、産学連携を推進する様々な政策を導入してきた。これらの傾向は、一部の人が大学の新たな役割として認めている起業家精神による研究・教育の補完という考えの台頭へとつながってきた。

各国の政策立案者は、米国の技術移転経験を活用するよう努めてきた（2004 年 Mowery ら）が、大半の国は従来の産学連携（UIL）構造をより法律尊重主義のモデルに向けて修正してきた。日本もそのような国の 1 つであり、1990 年代半ばから UIL への様々な改革を導入してきた。米国で改革の推進役となった政治勢力についての詳細な事例研究は、2003 年 Mowery ら、2004 年 Popp Berman によって文書化されている。英国と日本は UIL 制度が近年発展しており、有意義な事例研究となる可能性を有している。どのアクターが産学連携を統治する政策構造の導入・構築に携わってきたか、そして政策の実施にどのような意味合いをもたらすのか、等の課題を有している。

従って、本調査研究に向けた問題点は、次のとおりである。

産学連携を支援する政策と資金調達はどのように進化してきたのか？

これは選択された政策手段および異なる関与者間の統治の種類をどのように形成してきたのか？

政策の移転はこれまでであったのか？またはどのように起きたのか？

政策の展開方法は、産学連携の実績に影響を及ぼすのか？

（主要なステークホルダー）

政府、高等教育機関、研究・産業界

比較対象として英国を選んだ理論的根拠

上記に概要を記した 2 つの事例はそれら自体興味深いものであが、「日本と英国の基本的な政治構造における相対的な類似点」、「両国における政策関与者にとっての科学・イノベーションの重要性」、および「英国の行政が革新的な性質を持っていること」の 3 点に留意する必要がある。

a．政治構造の類似点

基本的な制度において、英国は内閣と主権を有する国家元首で構成された政府であり、二院制議会で構成される等、日本と非常に似た政治構造を有している。また、政策展開方法にも共通点が見られる。日本と英国は、いずれも行政主導のガバナンスという共通点がある。しかし、日本の場合は政治的イニシアティブの設定において官僚の役割がこれまで顕著であったのに対し、英国では政策立案者が地方自治体などから選出された他の存在を政策立案に関与させるケースが多い。政策の策定・展開という点においても、相違点が見られる。英国では、日本に比べてシンクタンクと政策支持団体の動きが比較的活発である。これは、政策ネットワークが日本と比べて広いことを意味している。

b．政策立案者にとっての科学技術の重要性

日本政府は「科学技術基本法」、それに続く「科学技術基本計画（1996 年～2000 年、2001 年～2005 年、2006 年～2010 年）」の導入、そしてより最近導入された政策「イノベーション 25」を通じて、科学技術の推進を図ってきた。予算面では、研究開発の一

般歳出が、1996年時点でのGDP2.9%から2003年にはGDP3.15%に、そして2005年までにはGDPの3.53%まで増加してきた(2006年総務省)。

英国では、研究開発の支出をGDPの1.9%(2006年)から2014年までにはGDPの2.5%に引き上げることを目指し、明確な目標が予算面で存在する。このような目標は、科学が英国の将来的な繁栄にとって重要であるという内閣でのコンセンサスによって支えられている。例えば、トニー・ブレア首相は、最近、Britain's path to the future - lit by the brilliant light of science(「英国の未来への道 - 科学という名のまばゆい光に照らされて」)というスピーチを行った。この中で、政府が導入した主要な政策と、直面している課題が語られた(2006年Blair)。2005年、大蔵大臣は同様に、「英国を科学発明が全面的に重視・賞賛され、科学の探求・研究開発において世界でも最適な国にすること」が課題であると述べた。(2005年Brown)。同様の声明が科学担当大臣、貿易産業担当大臣(2006年Darling)、教育省内の各担当大臣(2006年Rammell)からも出されている。

c. 行政におけるイノベーション

英国はまた、比較的革新的な統治・規制構造を持っていると一部の人の認識されている。Pollittらは、英国が政府の運営において多くの改革を先駆けて実行したと述べている(1999年Pollittら)。この改革は包括的なものであり(1997年Rhodes)、英国のガバナンスの特徴を一部の人は「抜本的改革」と称している(2003年Moran)。1997年に労働党が政権の座についてからも、こうした傾向に歯止めがかかることはなく、新しい支出ガイドラインの導入、支出と連動した業績尺度の利用、これらガイドラインや尺度を監査・評価の対象とする動きなどがみられる。

(8) 事例研究計画2：宇宙政策形成における日英比較

問題意識及び本稿の目的

科学技術の関連施策は一般に純粋な費用対効果や短期的な利益を具体的に挙げて説明することは難しく、特に宇宙活動をなぜある国が行うのかはその格好の事例である。例えば日本の宇宙活動は、未知のフロンティアへの挑戦も視野に入れ有人宇宙活動、科学探査の他、自前の打上げ手段を保有するなど研究開発中心に幅広く実施されてきた¹³¹。これに対し、英国のこれまでの政権は打上げ及び有人宇宙活動関連技術を保持しない政策をとり¹³²、天文・惑星・環境分野の科学的研究と宇宙利用を通じた生産性の向上及び革新的な技術の開発を目的に、衛星利用を中心として対象を絞った宇宙活動を実施している。さらに英国は「科学・企業・環境のための宇宙」として、宇宙活動を行う主要な目的の一つに、イノベーションに資する宇宙技術の開発を挙げている

¹³¹ 「宇宙開発に関する長期的な計画」http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/uchuu/keikaku/03090101/001.pdf

¹³² UK Space Strategy 2003-2006 and beyond, p.7

¹³³のが特徴である。このように、英国との宇宙政策のちがいの要因は欧州宇宙機関（ESA）の存在も考えられるものの、同じ議院内閣制を取りながら日英間で宇宙政策はかなり異なっているといえる。

以上を踏まえ、イノベーション・システムのガバナンスの事例として英国の宇宙政策形成を取り上げ、国内政治過程に着目する。特に 1．英国議会科学技術委員会の inquiry process の政策形成に及ぼす影響を検証する他、2．英国で宇宙政策を含む科学技術政策を貿易産業省（DTI）が所管することになった経緯及びそのことが宇宙政策形成に及ぼす影響について検証する。

さらに、英国は 2007 年 1 月より、2010 年までを包含する新たな宇宙政策の策定を開始しており、英国国立宇宙センター（BNSC）はステークホルダーの意見を集約するための政策協議文書を公開した¹³⁴。この BNSC 主導の政策協議過程と議会科学技術委員会による勧告を踏まえ、新しい 2007 年以降の宇宙政策が策定されることとなっている¹³⁵。また、注目すべき点として、2006 年 11 月に科学技術担当大臣に就任したウィックス新大臣が有人宇宙活動に英国は関与しないというこれまでの歴代政権の方針を見直す可能性も示唆していることから¹³⁶、英国の宇宙政策が大きく変わる可能性があり、英国の宇宙政策形成に関する研究は、イノベーション政策への宇宙政策パラダイムのシフトに加え、さらにイノベーション政策の変容に関する研究の一例になる可能性がある。

背景

宇宙活動の対 GDP 予算は日本が 0.048%であるのに対し、英国は 0.038%（内軍事関連 0.015%）¹³⁷である。英国の宇宙政策は英国宇宙戦略評議会で採択され、政府が支持（endorse）する¹³⁸。英国の宇宙活動を中心的に担う BNSC は、1985 年に設立され、DTI、防衛省、気象局、研究評議会等 10 の政府関連機関がパートナーとして出資している。BNSC は政策・計画を調整し、これらパートナー機関は自発的なパートナーシップを形成し、年間約 1 億 6000 万ポンド（2002 年現在）¹³⁹を宇宙活動のために支出している。なお、BNSC 本部は DTI の中に設置されている。

宇宙政策を検討する英国宇宙戦略評議会はこれらパートナー機関の代表で構成され、DTI イノベーション局長が議長を務め、科学イノベーション担当大臣に報告。政策は

¹³³ *UK Space Strategy 2003-2006 and beyond*, p.4

¹³⁴ <http://www.bnsc.gov.uk/content.aspx?nid=6180>

¹³⁵ <http://www.bnsc.gov.uk/content.aspx?nid=6180>

¹³⁶ “ Britain ready to fund astronauts again, ” http://www.timesonline.co.uk/tol/news/newspapers/sunday_times/britain/article1288850.ece

¹³⁷ 総合科学技術会議 第 7 回専門調査会資料 8-3

¹³⁸ 我が国の宇宙政策は、我が国の宇宙開発の長期的かつ基本的な方向を見定めながら、その中心的な実施機関である独立行政法人宇宙航空研究開発機構の中期目標の基となる「宇宙開発に関する長期的な計画」等に関し、宇宙開発委員会が調査審議。（原案は文部科学省が作成）総合科学技術会議専門調査会の一つである宇宙開発利用専門調査会は、我が国宇宙産業の国際競争力の強化、宇宙の利用を通じた国民生活の質の向上等に資するため、今後の宇宙開発利用に対する取組の基本等について調査・検討を行う。

¹³⁹ 2006 年 2 月の為替レートで計算すると約 370 億円。

国際情勢、市場状況を反映した内容とするため、評議会により定期的に見直される。

DTI 科学イノベーション局及び関連機関（7 研究会議，科学技術会議，the Royal Society and Royal Academy of Engineering）の政策・支出・行政の監督を主要任務とする英国下院科学技術委員会は、2006 年 7 月に英国宇宙政策 に関する大規模な質疑調査（inquiry）を開始した¹⁴⁰。 これを通じ、委員会は英国宇宙政策の戦略目標に向けた進展を監視し、この分野における現在の投資レベルが英国の国際競争力に及ぼす影響、欧州宇宙機関や他の国際計画への参加から得られる利益、イノベーションや技術移転を通じた宇宙関連技術から得られる商業利益の最大化等の主要課題について検討している。

英国議会の委員会は上記質疑調査を通じて機能しており、委員会は重要且つ時機を得たと判断した課題について質疑調査を行うこととなっている。課題の候補の源は様々であり、委員会委員の関心事項を反映したものとなる。主要な質疑調査は一年以上かかる。調査の過程（inquiry process）は、1．委員会がある課題に関する質疑調査の決定した後、2．公開で書面による意見提出が招請され、3．これら意見の口頭弁論が行われた後、内容を取りまとめた報告書が提出される。この報告書の中の結論及び勧告に対し、政府は 2 ヶ月以内に回答する義務を負う。意見提出は個人・団体を問わず行うことができる。宇宙政策については平成 18 年 7 月から質疑調査が開始され、88 の機関・個人が意見を提出した。現在、それらの意見に関する口頭弁論（oral evidence session）が行われている¹⁴¹。

英国議会の委員会制度においては、各省の業務を審査する委員会が設けられているが、科学技術委員会は DTI 省全体ではなく、特定の局を議会委員会が監督する点が特異である¹⁴²。 現在、科学技術委員会はウィリス議長（自民党）含め労働党、保守党議員 11 名で構成されている。英国では、貿易産業省が科学技術政策を所管し、貿易産業大臣が閣内科学技術担当大臣を兼任し、政府の科学政策、科学技術への支援など、全ての責務を担当している。貿易産業大臣は、閣外科学担当大臣（Minister for Science）や科学技術庁（Office of Science and Technology: OST）の援助を受け、持続可能な成長、生活の質を維持・向上のため、英国の科学技術力の強化に努めている¹⁴³。

科学技術委員会は OST 及び関連機関を監督し、毎年報告書を作成する他、7 研究会議に対し会期中質疑を行う。また、現科学技術担当大臣が上院議員であることから、特に年間 4 回の 'Science Question Time' を委員会で設け、下院議員が大臣に質疑を行う機会を確保。また、委員会は法案及び白書案を審査する権限を有する¹⁴⁴。

日本の議員内閣制度に立脚する政党政治においては、多数党政府はその政策を実現

¹⁴⁰ http://www.parliament.uk/parliamentary_committees/science_and_technology_committee/scitech190706a.cfm

¹⁴¹ http://www.parliament.uk/parliamentary_committees/science_and_technology_committee/about_the_committee.cfm

¹⁴² http://www.parliament.uk/parliamentary_committees/science_and_technology_committee/about_the_committee.cfm

¹⁴³ 英国大使館ホームページ http://www.uknow.or.jp/be/science/uk_japan.htm

¹⁴⁴ http://www.parliament.uk/parliamentary_committees/science_and_technology_committee/about_the_committee.cfm

させる手段として「予算編成」及びそれに基づく「法律制定」が中心となっている。
¹⁴⁵これに対し、英国の議会制度はある特定の政策の審議行い、また不特定の個人や機関が意見を表明する機会が多いと思われる。¹⁴⁶

研究方法

a．英国宇宙政策形成過程の調査

(1) アクター・ステークホルダーの整理

(2) イノベーション、衛星を中心とした実利用重視路線に至る背景

(3) 議会科学技術委員会の inquiry process の影響調査

科学技術政策形成における英国科学技術委員会の役割について調査する他、特に現在進行中の英国宇宙政策に関する inquiry process を、公開文書を中心にフォローし、分析する。

(4) BNSC が主体となって実施中の新宇宙政策策定のための政策協議プロセスを、公開文書を中心にフォローし、分析する。

(5) 有人宇宙活動を行わないと決定し続けた背景、及び本年より有人宇宙活動を行う可能性が出てきた背景の分析調査を行うことで、イノベーション政策に関する政策パラダイムのシフトを検証する。

b．英国で宇宙政策を含む科学技術政策を貿易産業省 (DTI) が所管することになった経緯及びそのことが宇宙政策形成に及ぼす影響の検証。

サッチャー政権下の構造改革で DTI が誕生した経緯の調査分析を行う。

上記について文献・公開文書を中心に調査分析するとともに、必要に応じ BNSC、議会関係者にインタビューを行う。

参考文献

Asheim, B., T., and Cooke, P., 1998, "Localized Innovation Networks in a Global Economy: A Comparative Analysis of Endogenous and Exogenous Regional Development Approaches," *Comparative Social Research*, 17, JAI Press., pp. 199-240.

Asheim, B.T., and Gertler, M.S., 2006, "The Geography of Innovation: Regional Innovation Systems," in Fagerberg, J., Mowery, D.C., and Nelson,

¹⁴⁵ 村川, v~vi

¹⁴⁶ 我が国の宇宙開発に関する基本計画策定に際して、文部科学省が事務局を務める宇宙開発委員会が文部科学省案に対する一般からの意見募集を行った。(募集期間は約9日)寄せられた意見は基本計画の議決を行う宇宙開発委員会において公開され、審議の参考とされた。議決を行う宇宙開発委員会の審議は公開されており、一般も傍聴可能。(http://www.mext.go.jp/b_menu/public/2001/010602.htm)

- R.R., eds., *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press.
- Asheim B.T., and Isaksen, A., 2002, "Regional Innovation Systems: The Integration of Local 'Sticky' and Global 'Ubiquitous' Knowledge," *Journal of Technology Transfer*, 27, pp.77-86.
- Cooke, P., 1998, "Introduction: Origins of the Concept," in H. Braczyk, P. Cooke, and M. Heidenreich, eds., *Regional Innovation Systems*, UCL Press, pp.2-25.
- CORDIS (Community Research & Development Information Service), "FP7 Homepage," http://cordis.europa.eu/fp7/home_en.html
- Edquist, C., 2001, "The Systems of Innovation Approach and Innovation Policy: An account of the state of the art," DRUID Conference, Aalborg, June 12-15, 2001.
- Florida, R., 2002, *The Rise of the Creative Class: And How It's Transforming Work, Leisure, Community and Everyday Life*, Basic Books.
- Florida, R., 2005, *The Flight of the Creative Class: The New Global Competition for Talent*, Harperbusiness.
- Foulon M., and Padilla, C.A., 2007, "In Pursuit of Security and Prosperity: Technology Controls for a New Era," *The Washington Quarterly*, 30:2, pp.83-90.
- Feedman, T.L., 2006, *The World Is Flat. A Brief History of the Twenty-First Century*, Holtzbrinck Publishers.
- Giddens, A., 1999, *Runaway World*, Profile Books Ltd. (佐和隆光訳, 2001, 『暴走する世界』ダイヤモンド社)
- Halfman, W., 2005 "Science-policy boundaries: national styles?" *Science and Public Policy*, Vol. 32:6, pp. 457-467.
- Hall, P.A., 1990, "Policy Paradigms, Experts, and the State: The Case of Macroeconomic Policy-Making in Britain," in Brooks, S. and Gagnon, A.G. eds., *Social Scientists, Policy and the State*, Greenwood Publishing Group.
- Hart, D.M., 2001, "Government Organization: Implications for Science and Technology Policy," in de la Mothe, J., ed., *Science, Technology, and Governance*, Continuum Books.
- Hart, D.M., 2002, "Private technological capabilities as products of national innovation systems: four ways of looking at the state," *Science and Public Policy*, Vol.29, num.3, pp.181-188.
- Hart, D.M., 2006, "Understanding Immigration in a National Systems of Innovation Framework," <http://mason.gmu.edu/~dhart/cvshort.pdf>
- Henry, N., et al., 1995, "Along the Road: R&D, Society, and the Space," *Research Policy*, 24, pp.707-726.

- Hoppe, R., 2005, "Rethinking the science policy nexus: from knowledge utilization and science technology studies to types of boundary arrangements," *Poiesis & Praxis*, Vol.3:3, pp.199-215.
<http://www.springerlink.com/content/x31k65g6v22072p7/>
- IEE (Institute for International Education), 2006, "INTERNATIONAL STUDENT AND TOTAL U.S. ENROLLMENT," in IEE, *Open Doors 2006: Report on International Educational Exchange*.
<http://opendoors.iienetwork.org/?p=89192>
- Jasanoff, S., 1986, *Risk Management and Political Culture: A Comparative Analysis of Science*, Russell Sage Foundation.
- 科学技術振興機構研究開発戦略センター, 2007, 『科学技術イノベーションの実現に向けた提言：ナショナル・イノベーション・エコシステムの俯瞰と政策課題』, 戦略プロポーザル CRDS-Fy2006-SP-11,
<http://crds.jst.go.jp/output/pdf/06sp11.pdf>
- 貝塚啓明, 2003, 『財政学（第3版）』, 東京大学出版会
- Krishnan, R.T., Gupta, A., and Matta, V., 2003, "Biotechnology & Bioinformatics: Can India Emulate the Software Success Story?," *NSF-sponsored Workshop on The Indian Development Experience*, March 3-5, 2003.
<http://202.41.106.14/~rishi/biotech.pdf>
- Lundvall, B., and Borrás, S., 2005, "Science, Technology and Innovation Policy", in Fagerberg, J., Mowery, D.C., and Nelson, R.R., eds., 2006, *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press.
- Nelson, N.R., 1997, "Why the Bush Report Has Hindered an Effective Civilian Technology Policy?," in Bartfield, C.E., ed., *Science for the Twenty-first Century: The Bush Report Revisited*, The AEI Press.
- 内閣府, 2007, 「『イノベーション 25』中間とりまとめ」,
<http://www.kantei.go.jp/jp/innovation/chukan/chukan.pdf>
- OECD (Organization for Economic Co-operation and Development), 2005, *Governance of Innovation Systems: Synthesis Report*, Vol.1, OECD Publishing.
- Ouyang, H.S., 2006, "Agency problem, institutions, and technology policy: Explaining Taiwan's semiconductor industry development," *Research Policy*, Vol. 35: 9, pp.1314-1328.
- Pelosi, N., 2006, "Pelosi: Unveils Innovation Agenda, Part of Vision for a Stronger America,"
<http://www.house.gov/pelosi/press/releases/Nov05/innovation.html>
- Polanyi, M., 1958, *Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy*, Routledge & Kegan Paul.
- Renn, O., 1995, "Style of Using Scientific Expertise: A Comparative Framework", *Science and Public Policy*, Vol.22:3, pp.147-156.
- Saxenian, A.L., 2006, *The New Argonauts: Regional Advantage in a Global Economy*,

Harvard University Press.

城山 英明, 細野 助博, 鈴木 寛, 編著, 1999, 『中央省庁の政策形成過程 日本官僚制の解剖』, 中央大学出版部

城山 英明, 細野 助博, 編著, 2002, 『続・中央省庁の政策形成過程 その持続と変容』, 中央大学出版部

角南篤, 陳漓屏, 周国荣, 周遠強, 2003, 「S-T-I ネットワークと中国のイノベーション・システム ~新たな産業創出を支える制度改革~」, 経済産業研究所, 『S-T-I ネットワークと新産業創出: 新しい科学技術政策のフレームワークを求めて』, 平成 14 年度科学技術振興調整費 (科学技術政策提言) 報告書

Wildavsky, A., 1984, *The Politics of Budgetary Process*, 4th ed., Little Brown.

General Governance

Barker, A., and Wilson, G., (2003), Bureaucrats and Politicians in Britain, *Governance: An International Journal of Policy, Administration and Institutions*, Vol. 16, No. 3, July, pp. 349-372

De La Mothe, J. (2001), *Science, Technology and Global Governance*, Taylor & Francis Ltd

De Marchi, B. (2003), Public participation and Risk Governance, *Science and Public Policy*, Volume 30, Number 3, 1 June 2003, pp. 171-176(6)

Glynn, S., et al., (2001), *Science and Governance: Describing and Typifying the Scientific Advice Structure in the Policy Making Process – A Multi-National Study*, European Commission-JRC Institute Prospective Technological Studies Seville

Hood, C., and Lodge, M., (2004), 'Competency, Bureaucracy and Public Management Reform: A Comparative Analysis', *Governance: An International Journal of Policy, Administration and Institutions*, Vol. 16, No. 3, July, pp. 313-333

Jamal, S., (2006), 'A European history of the Internet', *Science and Public Policy*, Vol. 33, No. 9, 1 Nov. 2006, pp. 681-693(13)

Moran, M., (2003), *The British Regulatory State: High Modernism and Hyper-Innovation*, Oxford: Oxford University Press

OECD, (2005), *Governance of Innovation Systems: Volume 1: Synthesis Report*

Pollitt, C., et al., (1999), *Performance or Compliance? Performance Audit and Public Management in Five Countries*, Oxford

Richardson, J., (2000), ' Government, Interest Groups and Policy Change ' , Political Studies, Vol. 45, No. 5, 1006 -25

Rhodes, R.A.W. (1997), Understanding Governance: Policy Networks, Governance, Reflexivity and Accountability, Buckingham: Open University Press

Case Study 1: Budgetary Setting Processes

Davies, O., et al., (1966), ' A Theory of the Budget Process ' , American Political Science Review, 60, 529 -547

Hindmoor, A., (2003), " Public Policy: The 2002 Spending Review and Beyond " , Parliamentary Affairs, 56, 205 -218

HM Treasury, (1998), Economic and Fiscal Strategy Report 1998

HM Treasury, (2004), Spending Review PSAs

HM Treasury, (2006), Long -term opportunities and challenges for the UK: analysis for the 2007 Comprehensive Spending Review, November 2006

HM Treasury (1998), Modern Public Services for Britain: Investing in Reform Comprehensive Spending Review: New Public Spending Plans 1999 -2002, July, The Stationery Office, Cm 4011

John, P., and Margetts, H., (2003), Policy Punctuations in the UK: Fluctuations and Equilibria in Central Government Expenditure since 1951, Public Administration, Vol. 81, No. 3, pp. 411 -432

Klein, R., (1976), ' The Politics of Public Expenditure: American Theory and British Practice ' , British Journal of Political Science, 6, 401 -32

Nelson, R., (1959), The Simple Economics of Basic Research, The Journal of Political Economy, Vol. 67, No. 3, pp. 297 -306

Oliver, M., and Pemberton, H., (2004), Learning and Change in 20th Century British Economic Policy, Governance: An International Journal of Policy, Administration and Institutions, Vol. 17, No. 3, July, pp. 415 -441

Wildavsky, A., (1984), The Politics of the Budgetary Process, Boston: Little Brown

Case Study 2: Evolution of University-Industry Links Policy

Aminon, D. M., (1996), 'Decade of Perspective: A Vision for the Technology Transfer Profession', Journal of Technology Transfer,

Mowery, D., et al., (2004), Ivory Tower and Industrial Innovation: University-Industry Technology Transfer before and After the Bayh-Dole Act in the United States, Stanford: Stanford University Press

Popp Berman, E., (2006), 'Why Do Universities Patent? The Role of the Federal Government in Creating Modern Transfer Practice', Draft Version 10 January 2006, University of California: Berkeley

Slaughter, S., and Leslie, L., (1997), Academic Capitalism: Politics, Policies and the Entrepreneurial University, Baltimore: The Johns Hopkins University Press

Other Sources Cited Above

Blair, T., (2006), "Britain's path to the future - Lit by the Brilliant Light of Science", Lecture to the Royal Society in Oxford, 3 November 2006
<http://www.pm.gov.uk/output/Page10342.asp>

Brown, G., (2005), 'Competing In The Global Economy' - Science And Innovation Conference', Video Conference Speech to Manchester University, 21 February 2005, Available at:
http://www.hm-treasury.gov.uk/newsroom_and_speeches/speeches/chancellor/exchequer/speech_chx_220205.cfm

Darling, A., (2006), 'Science is Vital for our Future', Speech at Royal Society, London, 23 October 2006, Available at:
<http://www.dti.gov.uk/about/dti-ministerial-team/page34015.html>

DTI, (2007), Science, Engineering and Technology Indicators, Available at:
<http://www.dti.gov.uk/science/science-funding/set-stats/index.html>

Rammell, B., (2006), Inspiring and Supporting a Future Generation of Scientists, Speech to the Certificate Holders' Forum, 10 October 2006

Science and Technology Committee (1998), The Government ' s Response to the First Science and Technology Committee ' s First Report, Session 1997 -1998, The Implications of the Dearing Report for the Structure and Funding of University

Research, Third Special Report

British National Space Centre (NBSC), *UK Space Strategy 2003 -2006 and beyond*,

<http://www.bnsc.gov.uk/assets/channels/about/5818%20BNSC%20Brochure.pdf>

British National Space Centre, ' A Consultation on the UK Civil Space Strategy -2007 -2010 '

Butler, David and Martin Westlake, " British Politics and European Elections, 1999; U.K. Macmillan/St. Martin's Press, 2000.

Department of Trade and Industry, ' Evaluation of Funding for UK Civil Space Activity ' , 2007.

Eberle, J., and Wallace, H., " British Space Policy and International Collaboration (A Chatham House Paper) , Routledge, an imprint of Taylor & Francis Books Ltd (Dec 1987).

Goldman, Nathan C. " Space Policy: An Introduction " Iowa State University Press, Sep 1992.

Hill, C.N., " A Vertical Empire: The History of the UK Rocket and Space Programme, 1950 -1971 " Imperial College Press (16 May 2001)

McDougall, Walter A. " The Heavens and the Earth: Political History of the Space Age " , Johns Hopkins University Press; New Ed edition (24 Oct 1997)

Sadeh, Eligar, " Space Politics and Policy: An Evolutionary Perspective " , Kluwer Academic Publishers, Jan 2003.

Science & Technology Committee, " The Office of Science and Technology: Scrutiny Report: Government Response (House of Commons Papers), The Stationery Office Books (21 Jan 2003).

Sheehan, Michael., " The International Politics of Space: No Final Frontier (Space Power and Politics) " Routledge, an imprint of Taylor & Francis Books Ltd; New Ed edition (30 Mar 2007)

Thompson, Grahame (Author), Maidment R.A., " Managing the UK: An Introduction to Its Political Economy and Public Policy " SAGE Publications Ltd (April 1993)

竹下譲 『イギリスの政治行政システム サッチャー、メジャー、ブレア政権の行財政改革』 ぎょうせい (2002/11)

村川一郎 『政策決定過程 - 日本国の形式的政府と実質的政府 - 』 信山社 2000 年

2.6 イノベーション研究の現状と課題等を踏まえた取組の方向性

前節まででは、イノベーション測定に関連した研究の現状と課題あるいは方向性について、(ア)企業のイノベーション活動と科学技術や知識の結びつきの明確化、(イ)イノベーション・プロセスに即したミクロな指標体系の構築、(ウ)イノベーションのインパクトの定量的把握に向けたミクロ計量経済モデルの拡張、(エ)ナショナル・イノベーション・システムのガバナンスの影響とパフォーマンス、のテーマごとにレビューを行った。

本節では、これらの結果明らかになった諸点を総合して今後進めるべき取組の方向をとりまとめる。

2.6.1 企業のイノベーション活動と科学技術や知識の結びつき

企業のイノベーション活動と科学技術や知識の結びつきについてのレビューから明らかになったことの第1点目は、技術と市場の複雑性に対する組織限界の問題である。中馬らは半導体産業、特に DRAM 事業において、企業内外に散在する異質な専門知識を広範囲にわたり迅速に結集する組織経営が弱体化しつつあることを見出し、複雑化するサイエンス型産業における部門間、企業間、あるいは産学や技術と科学の境界を越えた知識の共有化・同期化、また企業とユーザーの間での情報の共有化・同期化の必要性を指摘した。これらを検証し、イノベーションの測定に結び付ける観点から、基礎・応用、製品化に近い学会として応用物理学会と電子情報通信学会について調査し、基礎・応用研究から製品化に至る組織を超えた知識の結集と連鎖についてのモデル化の方向性を示した。

これに対し、第2点目として、榊原らは、家電、機械などの産業が科学研究との関係を深める既存産業の「サイエンス型化」に伴い、学会が「商業化」する現象を指摘した。科学の知識を公に発表する「科学の共有地」的な従来の学会の概念に対し、企業が学会参加を技術戦略に位置づけ、学会を単なる情報収集の場としてだけでなく、ダイナミックな技術知識の交換の場として活用する現実について、ディスプレイ関連学会を例に明らかにし、そうした企業の学会活動の状況を将来の市場における競争状態の先行指標とする可能性を示した。

これらのケースは、暗黙知も含む知識や技術の伝播・交換・結集が学会を通じて行われる可能性を示したものである。科学研究と技術の関係を明らかにする観点からは、こうした知識や技術の伝播・結集等の解析は、2.3.1 において調ら示した論文と特許のリンケージの解析、すなわち、論文と特許という形式知の間の結び付きの解析を補完するモデルの提唱につながるものであるといえよう。

第3点目に、バイオ産業を例に科学と産業の関係を研究してきた小田切は、今後取り組むべき課題として、バイオ産業において企業の競争力の源泉として重視されつつある「知的資本」と企業の価値の関連を指摘した。その際、各社が保有する知的資本だけでなく、ライバル企業間や産学間での知識のスピルオーバー、すなわち、自らが保有している知識と外部の知識の融合がバイオテクノロジー企業の価値に係る

可能性があることや、知的資本の計測指標として特許と論文の結び付き、すなわち、サイエンス・リンケージが有効である可能性があることを示唆した。これらの結果から、科学論文引用件数など企業の特許の質に関連する指標を知的資本の測定に活用しうる方向性が示唆されており、科学研究と企業価値を計量的に結びつける手法の候補としてさらに検討を進めるべきであろう。

2.6.2 イノベーションのプロセスに即したミクロな指標体系の構築

イノベーションのプロセスに即したミクロな指標体系の中でも、特許における論文への言及の分析により科学研究と技術を結び付けるサイエンス・リンケージは、科学的成果の技術への波及を定量的に示すアウトカムを志向した指標として注目されている。「基本計画の達成効果の評価のための調査：科学技術研究のアウトプットの定量的及び定性的評価」においても、富澤らにより米国の有力特許 500 件についてサイエンス・リンケージの分析が行われ、有力特許に引用される科学論文の半数以上が大学で産まれており、特に日本ではこれが 7 割を超えるという結果が明らかになった。これらから、科学研究が技術を通じてイノベーションに与えた影響を計測するにあたっては、直接の発明者としての寄与だけでなくサイエンス・リンケージ等による科学研究の技術への間接的寄与も考慮することの必要性が強く示唆される。

さらに、サイエンス・リンケージとファンディングの関係の分析を組み合わせることにより、科学技術政策、研究、技術開発に至る連関を定量的に把握する可能性、特定技術領域における特許群に引用される科学論文の分析から、我が国の技術を支える科学研究層を明らかにする可能性も示唆された。2.6.1 で述べた、知識のもう一つの伝播・交換の場としての学会の機能の解明と組み合わせ、科学と技術のより包括的な結びつきが明らかになることも期待される。

一方、新製品、新事業等を創出する企業におけるイノベーション活動の観測については、欧州では OECD のオスロ・マニュアルに基づいた共同体イノベーション調査(CIS)が既に 4 回実施され、リスボン戦略・新リスボン戦略の進捗測定指標の柱の一つとして定着している。我が国においては、「全国イノベーション調査」が科学技術政策研究所により 2003 年に実施された。同調査は、鈴木が示唆したイノベーション関連指標の接続・体系化や、深尾らが示唆した計量経済モデルにおけるイノベーションの中間過程の具体化において不可欠な企業活動に関するデータであり、イノベーション計測体系の重要な要素として今後の調査のあり方について検討を進めることが必要である。

第 1 章でも述べたように、イノベーション・プロセスのミクロ/サブミクロレベルでの理解を深めるためには、これらイノベーション関連指標や各種政府統計を企業や事業等のレベルで接続・集約し時系列データ化（パネルデータ化）し、利用可能とすることが必要とされている。こうした観点から鈴木はイノベーションに関連した各種統計データの統合的活用等のためのコンコーダンス・テーブルの構築とデータのパネル化の必要性を指摘するとともに、その際に特に困難が予想される科学研究、技術、企業活動という全く異質の活動区分の接続については手法開発を示唆し、また、イノベーション・データの収集・維持・更新、活用のための体制の必要性を強調した。

2.6.3 イノベーションのインパクトの定量的把握

科学研究、知識、技術、企業におけるイノベーション活動が、最終的に経済活動にどう貢献し社会にどのようなインパクトをもたらしたか、を定量的に明らかにする段階では、ミクロ計量経済学的アプローチが有効であると考えられる。

2.6.2 までの議論がどちらかという科学技術、あるいは企業といったサプライサイドからのアプローチであるのに対し、大橋はむしろ市場や消費者からのアプローチにより科学技術イノベーションの効果を明らかにすることを提案した。具体的には、イノベーションをプロセス・イノベーションとプロダクト・イノベーションに分け、前者については技術の導入・普及が企業の生産関数に与えた影響を計測する手法の開発を、また、後者については新製品の投入に伴う社会への便益（消費者余剰）を計測する手法の開発を提案した。

我が国における生産性の変化をミクロ（企業）レベル、サブミクロ（セグメント）レベルで明らかにし、これまで JIP データベース¹⁴⁷、JIP ミクロデータベースを構築してきた深尾は、生産性の推計の枠組を 2.6.2 までで論じてきたイノベーション関連指標と組み合わせて技術知識ストックが生産性を上昇させるまでの中間過程を明らかにし、これと全要素生産性の上昇等企業のパフォーマンスの関係を計測することを提案した。

これらの計量手法の開発・計測を通じ、科学技術イノベーションの中・長期的な社会への効果の定量的可能性が開かれるとともに、これまでのケース・スタディにより明らかにされたイノベーション・プロセスの検証や指標体系の充実へのフィードバックがなされることが期待される。

2.6.4 ナショナル・イノベーション・システムのガバナンスの影響とパフォーマンス

2.6.3 まででは、ミクロレベルでの科学技術イノベーション・プロセスの理解と定量的把握に向けた手法の構築が示唆された。これらはどちらかという、科学技術基本計画における重点 8 分野での具体的な研究プロジェクトや分野別戦略がイノベーションに与えた効果の測定に寄与するものといえる。これらに対し、マクロレベルでのイノベーションのガバナンスの効果とパフォーマンスの評価は、科学技術システム改革といった分野横断的な取組の効果を補完的に明らかにするものといえよう。

このため永田他は、既存のナショナル・イノベーション・システムのパフォーマンス評価の枠組とシステムの概念的枠組が対応していない問題点を指摘し、ナショナル・イノベーション・システムを 3 階層から捉えパフォーマンスを定量的に評価するアプローチを提唱した。他方、角南は、多様な政策領域やアクターを含むイノベーシ

¹⁴⁷ Japan Industrial Productivity Database

ョン・システムを政府がどのようにガバナンスするか、その効果がいかにイノベーション・システムのパフォーマンスに影響するかを明らかにするイノベーション・システムのガバナンスに関する比較制度研究を提唱した。イノベーション・システムのガバナンス研究はOECDにおいても第3世代のイノベーション研究として提示されつつあり、科学技術基本計画に基づく政府の取組の評価とその国際比較において必須のものとなると考えられる。

第3章 イノベーションの測定に向けて今後進めるべき取組

前章までの検討結果を踏まえ、本調査では、今後進めるべき取組として、以下に列挙する調査研究課題（図表 3.1 参照）を提案する。まず 2007 年度には、サイエンス型産業（半導体産業とライフサイエンス産業）と既存産業として家電産業（ディスプレイ産業）及びこれら産業に関連する科学技術を中心に、提案したアプローチの有効性を確かめることが考えられる。「プロセスの理解」、「指標体系の構築」、「モデルでの計量（測定）」、「計量（測定）結果による修正」といったアプローチ間での連携や相互検証・すりあわせを行いながら、他の分野への適用・拡大に向けた一般化に取り組み、想定される基本計画の達成効果の評価のための調査や次期科学技術基本計画に向けた検討への貢献を図るべきである。

また、国内関連研究者の結集や海外の関連研究との連携・交流は本調査により緒に就いたところである。2007 年度以降の調査研究の実施に際しては、国内外のイノベーション研究者や研究イニシアティブの継続的な結集と連携関係の維持・拡大を図ること、さらに、海外のイノベーション研究拠点や研究ネットワークとの交流・連携に努めるとともに国際シンポジウムの開催等を通じてイノベーションの測定に関する知見の国際的な結集と共有を図るよう努めるべきである。

なお、本基礎的調査では、論文をはじめとする科学研究成果の直接・間接のイノベーションへの波及と国のシステム改革の効果を中心に議論を行った。しかし、本調査研究推進委員会の席上では、国等の研究開発投資では、個別の研究ばかりではなく各種データベースや遺伝子資源ライブラリの整備など知的基盤の整備も進められているところ、論文と特許のリンケージだけでは捉えきれない国等によるこれらの基盤整備がイノベーションに与える効果についても考えるべきである、イノベーションの発現確率を向上させるポテンシャルとしての「知識のプール」とその効果の測定も考慮すべきである、科学技術が波及するイノベーションとして、プロセス、プロダクトのみならず、サービス・イノベーションも考慮することが重要である、等の指摘がなされた。これらの課題については、本基礎的調査により提案したイノベーションの計測に向けた調査研究を充実・拡大する過程で順次取り組んでいくことが必要である。このため、今後、以下に列挙した課題に取り組むことと並行して、これら課題への取組の方向性を検討することが適当である。

< 調査研究課題 >

(1) ミクロ/サブミクロのプロセスに即したイノベーションの測定手法の調査研究

企業のイノベーション活動と科学技術・知識の結びつきの分析

基礎・応用研究から製品化に至る組織をまたがる知の結集と連鎖の解明：
サイエンス型産業としての半導体産業を例に

技術的問題の解決における基礎科学の重要性がとりわけ高いサイエンス型産業（半導体産業等）を事例に、科学技術イノベーションの発現プロセスにおける組織をまたがる知の結集と連鎖の特徴（特にその弱みと強み）について、ケース・スタディやアンケート調査等を通じて把握する。その際、特許や学会における論文発表といった指標に示される半導体産業の研究開発活動状況との比較により、イノベーションの発現プロセスにおける強みと弱みをより明確化する。さらに、今後のイノベーション推進に向けた組織経営のあり方についての示唆を得ることを目指して、組織にまたがる知の結集と活用の組織メカニズムの問題点を検討する。

企業による学会活動等を通じた技術知識の交換・結集のプロセスの解明：
ディスプレイ産業におけるサイエンスとの関係の変化を例に

従来、技術開発における科学との関連が余り強くないと考えられ、「サイエンス型産業」とは見なされてこなかった既存の産業においても、技術開発における基礎科学の重要性が高まる「サイエンス型化」が見られる例が増えつつある。こうした既存産業として家電産業（ディスプレイ産業）を事例に、企業と科学技術知識の結び付きの変化が、企業における事業価値等の獲得や企業戦略や事業の変革に果たした役割や影響について、ケース・スタディを通じて把握する。

特に、これまでの研究から明らかになった「学会の商業化」という論点、すなわち、企業が学会活動を技術進化におけるリーダーシップの発揮、ビジネス・インキュベーションや販売促進の場として戦略的に活用している、という論点を踏まえ、形式知とともに暗黙知が交換される場としての学会を中心に科学と産業の結び付きを明らかにし、また企業の学会活動をその後の市場における競争の先行指標として捉える可能性などを検討する。これにより、従来の論文と特許によるサイエンス・リンケージを補完し、科学と産業の関係をより包括的に理解することや、科学技術政策へのインプリケーションを得ることを目指す。

企業の知的資本と企業価値の関連の分析：
サイエンス型産業（ライフサイエンス産業）を例に

企業の競争優位の源泉として重要であるとされている「知的資本」あるいは「目に見えない資産」については研究開発投資を指標とする例が多かった。しかし、知的資

本が企業価値に及ぼす影響に関する市場アプローチによる先行研究からは、企業が保有する特許（知識ストック）における知識の融合度合や、ライバル企業の知的資本、特許の前方引用回数、特許のサイエンス・リンケージ、また業種毎の研究開発の集約の度合などが、より知的資本の指標として適している可能性や、知的資本が企業価値に及ぼす影響は業種にも依存することなどが示唆されている。

このため、ライフサイエンス産業（バイオ産業・医薬品産業）を事例に、知的資本、とりわけサイエンス・リンケージをはじめ特許の質に関連すると考えられる指標と企業価値の関連性を分析、検証し、また産業間の比較により産業ごとの関連性の特徴を明らかにする。これらに基づき、論文と特許のリンケージ等の指標とミクロ計量経済分析の組み合わせを科学研究が企業価値に与える影響を計測する手法として模索する。

イノベーション・プロセスに即したミクロな指標体系の構築

科学研究が技術に及ぼした波及効果の定量化：論文と特許のリンケージの解析

技術に科学が与えている影響を計測する指標として有効と考えられている「サイエンス・リンケージ」手法を用いて、科学研究から直接生まれた特許に加え、論文の引用等を通じて科学研究が間接的に貢献した特許についても定量的に把握し、科学研究が技術に及ぼした波及効果を定量化することを目指す。

具体的には、特定の技術領域を対象に、重要特許群を起点に特許内および学術論文の引用関係を遡って整理する。またその関係の中で公的（およびそれ以外の）研究開発投資が当該技術領域で果たした役割を検証する。特に、特許に引用された学術論文について、セクター別構造やセクター間共著関係についての計量書誌学的分析を行うことで、科学成果が技術にインパクトを与える特性などを把握する。

また、特許における学術論文の引用に関するデータベースを構築し、学術研究が、技術知識の形成に果たした役割を検証し、それを統計的に把握するための測定手法を開発する。これらを通じて、学術研究、科学成果がイノベーションに果たす役割を技術のインパクトとして定量的に明らかにする。

さらに、公的研究資金・科学研究から技術へのより包括的な結びつきを明らかにすることを目指す。

企業におけるイノベーション活動の測定手法の改善

イノベーション・プロセスに応じた指標体系の構築に際しては、プロセスの中心となる企業におけるイノベーション活動を把握することが不可欠である。

このため、科学技術政策研究所が実施した「全国イノベーション調査」のデータを多様なイノベーション測定関連の研究で活用することを通じて、イノベーション測定の体系における企業のイノベーション活動の測定の位置づけや測定に対するニーズを明確化し、調査体系等を再検討する。その際、OECD の場において進行しつつあるプロ

ジェクトへの対応や国際比較の観点から、「オスロ・マニュアル（第3版）」を勘案した質問体系と調査方法論案を検討する。また、イノベーションと特許活動との関係に関する分析からこれらの面での我が国の特徴を明確化することも重要である。

イノベーション関連ミクロ/サブミクロデータの接続・集約・時系列データ化手法の確立

イノベーションをプロセスに応じてミクロ/サブミクロレベルでより深く理解するためには、イノベーション関連指標や各種政府統計をミクロ/サブミクロレベルで接続・集約・時系列データ化（パネルデータ化）し、利用可能とすることが必要とされている。このため、様々な省庁・機関やセクターに分散・分断化されているイノベーションに関連する各種統計データの統合的活用等のためのコンコーダンス・テーブルの構築と経済主体を同定し時系列的にデータを接続したデータのパネル化に取り組む。その際、特に、科学研究や技術、企業活動といった異質の区分のデータの接合に重点を置いて検討する。

そして、ミクロレベル（企業や公的機関別の個票単位）もしくは、サブミクロレベル（企業の事業／製品・サービス／開発技術分野）でイノベーション活動に関するデータ（全国イノベーション調査）やイノベーションのアウトカムの代理指標と特許データ、研究開発に関するデータ、企業活動に関するデータの接合をはかり、解析することにより、イノベーション活動像を定量的により正確に把握するための手法を開発することをめざす。

科学技術イノベーションの効果のミクロな計量

科学技術イノベーションが社会にもたらす便益（余剰）の測定： 市場データを用いたイノベーションの測定

科学技術がイノベーションを通じてどれだけの経済的な価値を生み出したのかを、市場側から測定するミクロ計量経済学的な手法を検討する。プロセス・イノベーションについては生産関数の変化により、プロダクト・イノベーションについては、科学技術が波及した新製品の導入により社会にもたらされた社会的便益（余剰）により、イノベーションが社会にもたらしたインパクトを定量的に把握することを目指す。

また、イノベーションに関する政策効果を分析するための計量経済学的な手法の検討およびその手法の具体的な応用を試みる。

研究開発、イノベーションと生産性

我が国の持続的成長に向け、生産性の向上が注目されている。そこで、科学技術イノベーションの社会的インパクトを計量する一つの手法として、科学技術イノベーションが生産性の向上に与えた影響の計量を取り上げる。

具体的には、JIP データベース¹⁴⁸等企業、セグメント単位の生産性の計量データと本報告で接合・パネル化を提案しているイノベーション関連データ体系を活用して、技術知識ストックが生産性を上昇させるまでの中間過程を明らかにすること等を通じて、科学技術と生産性の関係を分析する経済モデルの開発に取り組む。さらに、技術移転等、技術知識ストックの波及効果が生産性の上昇に有意な要因であることを踏まえ、関連政策の効果分析等を行う。さらに、EU KLEMS¹⁴⁹等を中心に行われている海外での研究と連携することにより、国際比較を行う。

(2) ナショナル・イノベーション・システムのパフォーマンスとガバナンス

ナショナル・イノベーション・システムのパフォーマンスの定量的な把握

ナショナル・イノベーション・システム全体のパフォーマンスの測定に向けて、「イノベーション活動の資源」、「イノベーションに関連する諸制度」、「イノベーション・プロセスにおけるアクター間の相互作用と制度間の補完関係」という3つの階層からなる構造としてナショナル・イノベーション・システムを捉える。そして、各階層のボリュームないし活動水準のレベルを定量的に把握するための標準的な指標を設定する。また、それらの指標と、ナショナル・イノベーション・システムのパフォーマンス全体のアウトプット指標の関係を記述する計量モデルを国別に推定し、モデルのパラメータによりナショナル・イノベーション・システムのパフォーマンスのパフォーマンスを比較評価する。

これらにより、既存のナショナル・イノベーション・システムのパフォーマンス評価とシステムの概念的枠組が対応していない問題点に対応するとともに、日本のナショナル・イノベーション・システムのパフォーマンスにおけるシステム効率を改善するための政策課題を明らかにする。

ナショナル・イノベーション・システムのガバナンスに関する比較制度研究

政府による科学技術システムの改革やイノベーション・システムのガバナンスがいかにイノベーション・システムのパフォーマンスに影響するかを明らかにするため、イノベーション・システムのガバナンスに関する比較制度研究を行う。

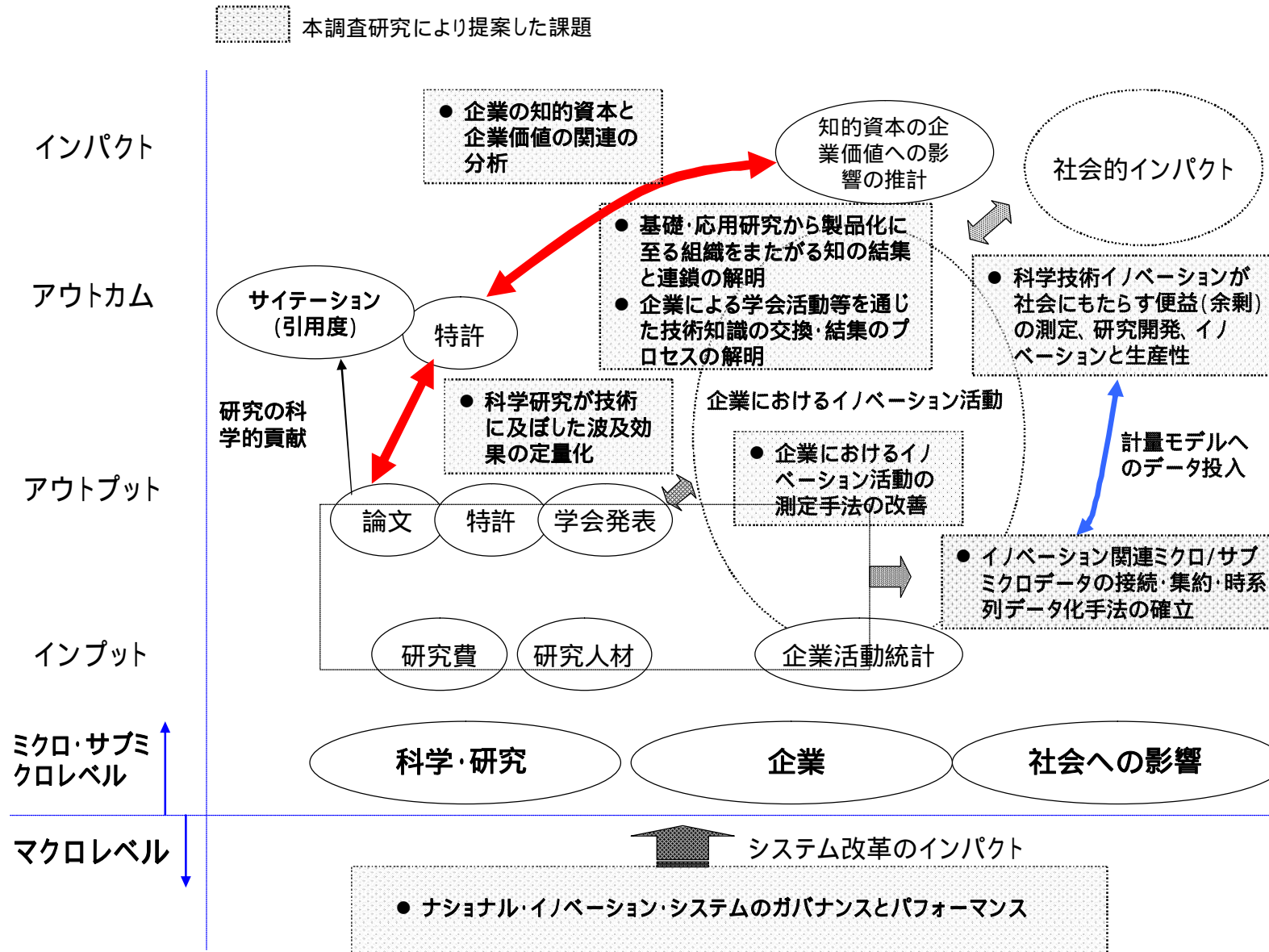
具体的には、科学技術やイノベーションに関連した制度改革においてどのようなアクターが関わり、それらの相互作用の結果としてどのような制度が生み出されたのかという政策過程と、アクターの行動や考え方が、従来の科学政策や産業政策からイノベーション政策へという政策パラダイムの変化や、その当時の政治的文脈、国際情勢、またそれまでの歴史的経緯といったものによってどのような影響を受けていたのかを、事例分析と国際比較、および関係者への意識調査を行うことにより明らかにする。こ

¹⁴⁸ Japan Industrial Productivity Database

¹⁴⁹ EU KLEMS プロジェクト (K=資本 : capital、L=労働 : labour、E=エネルギー : energy、M=中間財の投入 : material、S=サービス : service)

れにより、我が国のイノベーション・システムのガバナンスに関する政策過程とその進化の特徴を明らかにし、イノベーション・システムの定性的な把握をガバナンス面から実施する。

図表 3.1 調査研究課題の全体イメージ



< 報告書 作成者 >

イノベーションの測定に向けた基礎的調査推進委員会委員

後藤 晃	東京大学 先端科学技術研究センター 教授 【全体取りまとめ】
中馬 宏之	一橋大学 イノベーション研究センター 教授 【2.2.1】 科学技術政策研究所 第1研究グループ 客員総括主任研究官
榊原 清則	慶應義塾大学 総合政策学部 教授 【2.2.2】
小田切宏之	一橋大学 経済学研究科 教授 【2.2.3】 科学技術政策研究所 第1研究グループ 客員研究官
調 麻佐志	東京農工大学 大学教育センター 助教授 【2.3.1】
富澤 宏之	科学技術政策研究所 科学技術基盤調査研究室 室長【2.3.1】
伊地知寛博	一橋大学イノベーション 研究センター 助教授 【2.3.2】 科学技術政策研究所 第1研究グループ 客員研究官
鈴木 潤	芝浦工業大学 大学院工学マネジメント研究科 教授【2.3.3】 科学技術政策研究所 第2研究グループ 客員研究官
大橋 弘	東京大学 大学院経済学研究科 助教授 【2.4.1】 科学技術政策研究所 第1研究グループ 客員研究官
深尾 京司	一橋大学 経済研究所 教授 【2.4.2】 科学技術政策研究所 第1研究グループ 客員研究官
永田 晃也	九州大学 大学院経済学研究院産業マネジメント部門 助教授 【2.5.1】 科学技術政策研究所 第2研究グループ 客員総括主任研究官
角南 篤	政策研究大学院大学 助教授 【2.5.2】 科学技術政策研究所 第3調査研究グループ 客員研究官

共同研究者

橋本 哲一	元・日立中央研究所 主管研究員 【2.2.1】
松本 陽一	慶應義塾大学 大学院政策・メディア研究科 博士後期課程 【2.2.2】
羽田 尚子	駒澤大学 経営学部 講師 【2.2.3】
山下 泰弘	山形大学 評価分析室 助教授 【2.3.1】
玉田俊平太	関西学院大学 経営戦略研究科 助教授 【2.3.1】
権 赫旭	日本大学 経済学部 講師 【2.4.2】
大西宏一郎	科学技術政策研究所 第2研究グループ 研究員 【2.5.1】

文部科学省 科学技術政策研究所 【序章、1章、2.1、2.6、3章】

渡邊 康正	科学技術政策研究所 第3調査研究グループ 総括上席研究官
三橋 浩志	科学技術政策研究所 第3調査研究グループ 上席研究官

参考資料

海外調査、海外研究者の招聘等の記録

The Atlanta Conference on S&T Policy 2006 - US EU Policies for Research and innovation - (ジョージア工科大学 & PRIME : 科学技術政策アトランタ会議)

<2006.5.18~5.20>

G8 イノベーションに関する産業界と大学のリーダーのシンポジウム

<2006.7.11>

OECD / GSF ヘルシンキ会合 <2006.7.12>

NSF ライトフット局長講演 : 「科学政策のための科学 : 米国 NSF のイニシアティブ」 <2006.8.28>

Blue Sky (オタワ) <2006.9.25~9.27>

NESTI SWIC 合同 WG <2007.11.15>

欧州 CEIES 会合 <2007.2.5~2.6>

Katy Borner インディアナ大学准教授講演 : 「科学のマッピング : 科学知識とイノベーションのダイナミクスを分析し可視化する」 <2007.2.13>

国際フォーラム「イノベーションとその取り組みを巡る国際動向」セッション : 「イノベーション測定」 <2007.3.12~3.13>

EU KLEMS プロジェクト (生産性計量) 会合 <2007.3.16~3.18>

The Atlanta Conference on S&T Policy 2006 - US-EU Policies for Research and innovation - (ジョージア工科大学 & PRIME : 科学技術政策アトランタ会議)
< 2006.5.18 ~ 5.20 >

後藤 晃 (東京大学・先端科学技術研究センター)
富澤宏之 (文部科学省・科学技術政策研究所)

1. 会議名称: 科学技術政策アトランタ会議 2006: 米-欧の研究イノベーション政策
The Atlanta Conference on Science and Technology Policy 2006:
US-EU Policies for Research and Innovation

2. 開催期間: 2006 年 5 月 18 日 ~ 5 月 20 日

3. 開催場所: ジョージア工科大学・マネジメントカレッジ (アトランタ / 米国)

4. 開催体制:

ジョージア工科大学公共政策学部 (米国側) PRIME Network of Excellence (欧州側) 及び
ジョージア工科大学マネジメント・カレッジ (米国側) の共同開催。

*) PRIME (Policies for Research and Innovation in Moving towards the European) は欧州委員会の第 6 次フレームワーク計画における主要プロジェクトの一つで、主として大学を対象としており、Network of Excellence の形成等を目的としている。PRIME Network of Excellence は同プロジェクトに参加する研究者のネットワークである。

会議の構成については別添プログラム参照。

5. 発表内容概要

セッション 1 : 基調講演 (マーバーガー・科学技術担当大統領補佐官 / OSTP 長官):

- 本日は、forecasting と prediction についてお話したい。
- 私の話は、必ずしもイノベーションに焦点を絞ったものではないが、政府の政策を通じて、人々の生活の高さを確保するための条件をいかにして作り出すか、という問題が基調となっている。
- prediction は forecasting とは異なることを強調したい。科学者が実験をする際に行う prediction と、制御されていない自然のもとでの forecasting は異なる。
- 困難なことであるが、効果的な政策には人間に関わる事柄の predictability が必要条件である。政策は、それに対して社会がどのように反応するかについての考えを我々が持たない限り、不適切なものになる。(具体的な資源投入を駆使するような) 政策策定は、ほぼ、人間行動の科学に由来する工学である。この「科学」における prediction は、物理学や生物学と同様に、ある程度分離されたシステム、経験に裏打ちされたモデル、システムの複雑性にふさわしい分析的パワー、を必要とする。
- 政策アクションに対する反応の predicting の問題は、モデル構築とデータ収集を遥かに超えた問題である。重要なことは、社会的目的の達成を政策アクションにまで確実に遡れるような measures を見出すことである。そのような measures を我々が持っているかどうか、私は確信できない。
- AAAS の昨年の policy forum (2005 年 4 月 21 日) で、私はこのような点について論

じた。その forum は、主に科学へのファンディングと、我々が必要とする R&D にファンディングがなされているのかどうかに焦点が当てられた。その際に私は、世界経済や労働力についての膨大なエコノメトリック・モデルを短期的に開発することや、様々なシナリオを検討することによって、この問題に答える信頼できる方法を知らないと述べた。その後、私は、全てをエコノメトリクスに求めるのではなく、social behavior のモデル化の様々な方法があり、それらの多くがポリシーメーカーに歓迎されることを学んだ。

- 科学政策の研究者に対する私のアドバイスは、次のようなものである。「我々が用いる政策の評価や科学技術の強みの査定のフレームワークがいかに原始的であるかを心に留めておく」とよい。R&D 投資のようなインプットを一人当たり GDP のようなアウトプットに結びつけるモデルが無いままに、我々は毎年データを収集しそれに直線を当てはめて将来を予測する。(以下省略)」 数値の解釈には他の数値との比較が必要であり、どの数値と比較するかを選択は social behavior のモデルを伴うが、この領域では、ほとんど例外なく粗雑なモデルとほとんど間違っただけのモデルを伴っている。
- 唱道 (advocacy) のためであれば、単純な方法も有用である。しかし、「ベンチマーク」は政策立案に有用な情報をほとんど含まない。私は、「GDP 当たりの政府 R&D 投資額」が適切な R&D 投資額の基準となっていることを遺憾に思う。
- 最近の米国でのベストプラクティスは、NSF の科学技術指標である。ここにはデータだけでなく、様々な分析が含まれており、すばらしい洞察があるが、しかし、これらの指標は、今日 R&D がどのように行われているかを反映していない古いデータ構造に基づいている。また、これらの指標は政策への情報のために設計された解釈のフレームワークに関連付けられていない。
- 私の理解では、科学政策の分野は、経済学の一分野であり、効果的な実践は経済政策で用いられるような定量的ツールであり、それは様々なモデルを含みアカデミックな研究に基づくものである。科学政策の入手できる文献の多くは、各分野の科学者による寄せ集めである。
- NSF は昨年、社会科学・行動科学・経済学部門の 5 年計画を作り、新しい科学政策の科学に必要なデータとツールを開発することとした。
- 今回のような会議が、今後より頻繁に開催され、科学政策を研究する社会科学者のコミュニティが十分な大きさを持つようになることを期待したい。

セッション 2：科学政策の科学の挑戦

- William Butz, Population Reference Bureau, “Is the US running out of STEM workers? How would we know and What would we do about it?”
 - STEM (S&T, Engineering, Mathematics) ワーカーが不足しているか否か、という問題と、その問題に対して統計データ等がどのような役割を果たすか等を論じた。一見、STEM は不足しているように見えない(例えば、STEM の収入は増えていない、PhD の求職は容易でない、など)。Data が faster でないことが問題。例えば、NSF の STEM データは遅いが、失業者の統計データは速い。民間 (Gallup、RAND) のデ

- ータはさらに速い。
- STEM ワークフォースを増やすためには、トレーニング・サポートの向上、STEM の職を増加させること、PhD プログラムの不確実性を低減させること、外国人学生を増やすこと、などが考えられる。
 - Deborah Duran, Office of the Director, National Institutes of Health, “Aggregation Rules for Systemic Assessments”
 - NIH では、2,3 年前から、Office of Portfolio Analysis and Strategic Planning において体系的な分析と評価を行っている。
 - 研究プロジェクトには困難が多く、なかなか良い方法はない。
 - Richard Newell, Council of Economic Advisors, “Making Opportunity-Based Decisions – the Example of Energy Forecasting”
 - DoE のエネルギー R&D プログラムの benefit と cost に関する遡及的な評価を試み、2005 年に NRC よりレポートを発表した。最も困難であったのは、DoE と他の寄与者をどう区別するか。この評価の方法論は、1)benefits の厳密で首尾一貫した見積もり、2)分析の共通シナリオ、3)decision tree による不確実性の明示的で首尾一貫した計算、の 3 点が主な要素。
 - Katy Börner, Indiana University “Visualization Tools for Decision Support in S&T Policy”
 - 科学の大規模なマッピングの報告。最新のネットワーク分析手法（ソフトウェア）を用いて、科学全体における分野間の関係を可視化する試み。

本発表者は、本年 7 月の OECD-GSF ワークショップの専門家セッションの発表者として予定されている。

セッション 3：グローバル経済競争の光のもとにおけるイノベーション政策

- Luke Georghiou, Associate Dean for Research, Faculty of Humanities, University of Manchester, UK; Rapporteur for “Creating an Innovative Europe,” report of an independent expert group
 - Esko AHO（前フィンランド首相）グループによる報告書（*Creating Innovative Europe*）に基づく報告。R&D とイノベーションの関係についてのパラダイムシフトが起きている（例：サービスセクターと規制の関係）。イノベーションを誘発するような市場が重要であり、それに向けて諸政策の組み合わせ（統合・調整）が必要。リソースの投入も重要であるが、「研究開発費の対 GDP 比率 3%」というのは、単なる指標であり、それ自体が目標ではない。さらに、人材の構造的な流動性が重要である。

本発表者は、本年 7 月の OECD-GSF ワークショップの専門家セッションの発表者として予定されている。
- Stefan Kuhlmann, Fraunhofer Institute for Systems and Innovations Research, Germany, and Copernicus Institute, Utrecht University, Netherlands, “What European Innovation Studies Have to Offer to Innovation Policy”
 - 政策立案のためにアウトカムのアセスメントが要求されるようになってきている。本

発表は、仮説・期待 “ 予言 ” モデル シミュレーション、という枠組みに沿って、近年の欧州のイノベーション研究を概観したもの。

- Rosalie Ruegg, TIA Consulting, USA, “What U.S. Innovation Studies Have to Offer to Innovation Policy”
 - イノベーションについての各種モデルとそれに基づく科学技術政策の関係の概観。1990年代以降の評価に関する研究の概観。

セッション 4：変化する科学、変化する研究機関

- Michael Crow, Arizona State University, USA, “The New American University”
- Andrea Bonaccorsi, Laboratory of Economics and Management, Sant’Anna School of Advanced Studies, Pisa, Italy, “The New European University”
- Andrew James, Manchester Business School, UK, “The UK Defence Labs: Radical Institutional Change, Technology Transfer and Innovation System Dynamics”

セッション 5：研究アジェンダ

- Rémi Barré, Conservatoire National des Arts et Métiers, France, "The state of S&T models and indicators in Europe"
- Irwin Feller, AAAS, USA, “Estimating Past Returns, Projecting Future Payoffs: An Historical Update of What Economists Know and Don't Know”
- Discussant: Peter van den Besselaar, Rathenau Institute, Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, Netherlands

セッション 6：キャリア / 人的資源 / 労働力

- Cheryl Leggon, Georgia Institute of Technology, USA
- Laura Cruz-Castro, Higher Council for Scientific Research, Spain, Danielle Logue, Australian Expert Group in Industry Studies, University of Western Sydney, Australia²
- Discussant: Kamau Bobb, National Academy of Engineering, USA

セッション 7：論文発表

Session 7A: Policy Intelligence for Innovations.

Session 7B: Frontiers of Evaluation.

Session 7C: Internationalization of R&D.

Session 7D: The Social Science Base for Science Policy.

Session 7E: Identifying and Understanding Creative Research I

セッション 8：国と地域のイノベーション

- Luis Sanz-Menendez, Higher Council for Scientific Research
- Discussant: Howard Gobstein, National Association of State and Land Grant Universities and Colleges

セッション 9 : 発展のための科学技術

- Arie Rip, Twente University
- Rodrigo Arocena, Universidad de la Republica, Uruguay
- Discussant: Daniel Malkin, InterAmerican Development Bank

セッション 10 : 論文発表

Session 10A: Setting and Evaluating National Priorities

Session 10B: Stimulating Jobs and Growth

Session 10C: Innovation in Regional Dynamics

Session 10D: Networks in Innovation Analysis

Session 10E: Fostering Research Creativity II

セッション 11 : 論文発表

Session 11A: Innovation and Development.

Session 11B: New Universities and New Institutional Environments.

Session 11C: Nanotechnology in Context.

Session 11D: Innovation and Inequalities.

セッション 12 : クロージングセッション (the field of S&T policy studies:supply, demand, disciplinary ecology)

- Diana Hicks (Georgia Institute of Technology, USA)
- Philippe Laredo (Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, France)
- Terttu Luukkonen (The Research Institute of the Finnish Economy, Finland)
- Ben Martin (Science Policy Research Unit, UK)
- Mark Weiss (National Science Foundation, USA)
- Susan Cozzens (Georgia Institute of Technology, USA)

G8 イノベーションに関する産業界と大学のリーダーのシンポジウム
< 2006.7.11 >

科学技術政策研究所 富澤 宏之

1. 会議名称：G8 イノベーションに関する産業界と大学のリーダーのシンポジウム（G8 Business and University Leaders Symposium in Innovation）
2. 出張者：
 - ・後藤 晃（東京大学先端科学技術研究センター教授）
 - ・富澤宏之（科学技術基盤調査研究室長）

〔参考：総合科学技術会議より柘植綾夫議員も出席〕
3. 開催期間：2006 年 7 月 11 日
4. 開催場所：

Bauman Moscow State Technical University（モスクワ / ロシア）
（ ）通称「モスクワ国立工科大学」
5. 開催の趣旨と経緯：

本シンポジウムは、G8 サンクトペテルスブルグ・サミットの関連行事として、ロシアの提案により、開催された。G8 の産業界と大学のリーダーがイノベーション（特に産学連携）について議論することを目的としている。
6. 会議概要
 - (1) オープニング

Igor B. Fedorov 学長（Bauman Moscow State Technical University）は、大学の役割が教育中心から研究とイノベーションに重点が移ってきている点を指摘した。Igor I. Shuvalov（ロシア共和国大統領補佐官）補佐官は、エネルギー問題の重要性と、高等教育を効果的にすることの必要性を述べた。
 - (2) セッション 1 「イノベーションとハイテクセクターの教育への要望」

Novitsky（露ファイナンス企業役員）、柘植（日本）、Ryder（米ニューヨーク州立大学）、Valroff（露・航空機ベンチャー企業代表）の各氏よりプレゼンの後、大学を中心とした各国の変化等について議論した。
 - (3) セッション 2 「産学連携のモデル」

Sykes（英 Imperial College 学長）、Vincent（仏リヨン中央大学校副学長）、Pavilikhin（Bauman 大・国際関係担当副学長）の各氏よりプレゼンの後、産学連携の現状等について議論した。
 - (4) セッション 3 「イノベーション社会における大学の役割」

（退席したため聴取せず）
 - (5) 本ワークショップの結果は、コミュニケとして取りまとめられてサミットへ提出され、ロシア政府のサミット公式ウェブサイトに掲載された。
（http://en.g8russia.ru/page_work/）

7. 所感

本シンポジウムは、開催の決定が開催直前であり、各国からどの程度の出席があるか懸念していたが、実際には、相当数の産業界 & 大学からの出席があり、事前の予想に反して、かなり充実した内容であった。

特に、複数の発表を通じて、欧米において産学連携がいかに進展しているかを実感し、日本では現在でも通用している従来からの“大学”の概念が、世界的に大きく変化していることを思い知った。

- ・ Bauman Moscow State Technical University は、イノベーションセンターを設置し、また、学内でコマーシャルプロジェクトを実施し、研究開発段階より企業等との協力を行っている。
- ・ イギリスの Imperial College は、主として企業からの資金により、London Center for Nano -technology を運営しており、技術開発を行うとともに、学生(50%が外国、30%が EU 外)の教育の場としても活用している。

ロシアの科学技術については、航空宇宙、エネルギー、材料、などの分野で研究開発水準が高く、欧米の企業や大学などとの協力関係が強いことがうかがえた。特に、現ロシア共和国の成立直後より、欧米の企業等が旧ソ連時代からの技術の蓄積を取り込むための様々な働きかけをしていた。

- ・ 米ボーイング社は、モスクワにデザインセンターを設置しており、100 名程度の技術者を雇用し、ボーイング社の新型機である 787 型の設計の大部分を担当している。
- ・ フランスのリヨン中央大学校は、1994 年より、Bauman Moscow State Technical University と協力関係にあり、主としてフランス政府の資金援助により、ロシア - フランス・テクノロジー・トランスファー・センターを設置・運営している。

1. 会議名称：科学技術政策の科学に関するワークショップ
Workshop on Science of Science Policy: Developing our Understanding of Public Investments in Science
2. 出張者：桑原 輝隆（総務研究官） 富澤宏之（科学技術基盤調査研究室長）
[日本からの他の出席者については「付録」の冒頭分参照]
3. 開催期間：2006 年 7 月 12 日
4. 開催場所：Hotel Scandic Continental（ヘルシンキ、フィンランド）
5. 開催の趣旨と経緯
 - (1) マーバーガー米国 OSTP 長官（科学技術担当大統領補佐官）は、最近、科学政策のための社会科学を発展させることの重要性を様々な場で主張している（AAAS 2005 年フォーラム、等）。その背景には、政府の研究開発投資金額を決定するための合理的な根拠や、科学技術のグローバル化が米国社会に及ぼす影響の予測が不十分である、といった問題意識があると考えられる。（*Science*, vol.308, p.617, 29 April 2005; *Science*, vol.308, p.1087, 20 May 2005）
 - (2) これに関連するアクションとして、NSF では、昨年、社会科学・行動科学・経済学部門の 5 カ年計画を策定し、新しい科学政策の科学に必要なデータ整備とツール開発を推進することとした。これを受けて、2007 年度予算では「科学の計量（Science Metrics）」について 6.7 百万ドルを要求している。
 - (3) 以上の背景のもとで、本会議はマーバーガー長官の提案により、OECD-GSF（グローバルサイエンスフォーラム）の主催で開催されたものであり、科学政策をエビデンスベースのものとするための“科学政策の科学”の確立を目指して、ポリシーメーカーと科学政策研究者が対話を開始することを目的としている。
 - (4) なお、本会議に関連して、マーバーガー長官は、本年 5 月に米国と EU の研究者グループが共催した「科学技術政策アトランタ会議 2006」（米ジョージア工科大学）において基調講演を行っており、また、OECD-NESTI（科学技術指標各国専門家グループ）が本年 9 月にオタワで開催予定の Blue Sky II 会議でも基調講演を行う予定である。
 - (5) 当研究所では、本 WS に向けて、所内に GSF 研究会（座長：後藤晃・東京大学大学院教授）を設置し対応を検討した。また、富澤は本 WS の運営委員会委員として企画に関与した。
6. 会議概要および所感
 - (1) [午前] マーバーガー長官の基調講演とポリシーメーカー側の発表
 - ・ マーバーガー長官の講演は、「適切な科学政策立案のためには、科学技術への投資が社会にもたらす多様なインパクトについての深い理解が必要であるが、そのようなツールは圧倒的に不足している。科学技術への投資のリターンやイノベーションのインパクトの測定・予測のためのモデルと手法の開発を長期的に進めるべきである」といった内容であった。
 - ・ 日本の林・文部科学審議官は、第 3 期基本計画の策定に際して、科学技術政策研究所のデルファイ調査等の結果が重点領域の設定等に活用された状況を報告するとともに、今後の科学技術政策研究への期待を表明した。
 - ・ 英国からは、政府の政策の進捗状況をモニタリングするための数値目標設定の方法等についての報告があった。南アフリカからは、科学技術政策の戦略の説明がなされた。
 - ・ 発表後の議論からは、必要な分析ツールは国により異なるものの、各国で研究開発投

資が増加しつつあり、それを正当化するための指標が必要であることは共通する課題であることが示された。また、人材に関する指標の不備を指摘する発言が多かった。

(2) [午後] 科学技術政策研究・指標の専門家の発表

- ・ カナダの Gault 氏は、過去 10 年間の OECD を中心とした科学技術指標開発の総括と、そこからの将来展望について述べた。
- ・ 日本の桑原総務研究官は、第 3 期科学技術基本計画の策定のために実施した包括的な調査・分析の経験を報告するとともに、今後の課題を提示した。
- ・ 米インディアナ大学の Börner 教授は、科学の全体像を示す mapping の最新の試みを報告した。
- ・ 英マンチェスター大学の Georgiou 教授は、近年の欧州における研究システムの変化と、研究開発やイノベーションへの投資の効果を高めるためのツールとしての評価について論じた。
- ・ 発表後の議論では、“科学政策の科学”が今後取り組むべき課題について、様々な具体的コメントが出された。

(3) 日本からの発表の評価

- ・ 日本は、政策決定と政策研究との間の実際のリンケージの実情を具体的に説明したほとんど唯一の国であったためか、有益な発表であるとのコメントが多く得られた。(マーバーガー長官、および米 NSF からの出席者は、日本の本 WS への貢献について非常に感謝をしていた)

(4) 今後の予定

- ・ 本 WS は、ポリシーメーカーと政策研究者との対話が促進され、“科学政策の科学”の重要性についての意識が高められたことで基本的な目的を達しており、OECD-GSF での継続的な開催の予定は無い。しかし、ここでの議論は、9 月にカナダで開催される OECD-NESTI の Blue Sky II 会議にインプットされることとなった(マーバーガー長官も参加の予定)。

7. 所感

- (1) 本 WS では、“科学政策の科学”の多様な面がとりあげられたため、今後の方向性について、コンセンサスが得られたとはいいがたいものであった。
- (2) しかし、次のような点の重要性が浮かび上がった。基礎的な統計の不備も問題であるが、それ以上の課題は、上位レベルないし戦略レベルでの意思決定を支援するための科学的ツールが不足していること、グローバリゼーションのような世界の急激な変化を適切に反映させたツールが必要であること、データそのものの重要性だけではなく、そのより良い使用法が重要であること、等である。
- (3) なお、マーバーガー長官が当初、主張した研究開発のアウトプットを計量経済学的なマクロモデルを用いて測定・予測するようなアプローチについては、あまり議論されなかった。多くの出席者は、それが困難であると認識しているようであり、少なくとも近い将来の実現性については否定的な雰囲気を感じられた。

【付録】
文部科学省出張報告書より
(科学技術・学術政策局国際交流官付作成)

GSF「科学政策の科学」ワークショップ(7月12日)

GSF「科学政策の科学」ワークショップには、文部科学省 林 文部科学審議官、文部科学省 科学技術政策研究所 桑原総務研究官がスピーカーとして参加したほか、文部科学省永野参与・GSF 副議長(独立行政法人科学技術振興機構理事)、科学技術政策研究所富澤基盤室長(同WS企画委員会委員)、内閣府社会経済研究所有本総括政策研究官、東北大学原山教授、東京大学後藤教授、東京大学堀井教授等が一般参加した。

WS全体に関して、出席者の所感として幾つかの点を列挙すれば以下の通り。

- ・ 政策立案者と政策研究者の対話というテーマであったが、この両者の溝が大きいことがむしろ浮き彫りにされた感がある。例えば、英と南アの政策立案者のスピーチにおいては、各国の政策決定過程が紹介されていたが、その中で科学政策の科学(SSP)をどのように活用しているのか、という観点は希薄であった。逆に、加、米、英の政策研究者のスピーチにおいては、政策研究の成果が政策決定に対してどのようにインパクトを実際に与えているのか、という観点は希薄だった。
- ・ この点、日本の林文部科学審議官と桑原総務研究官のスピーチは、政策決定と政策研究との間の実際のリンケージの実情を具体的に説明した本WS唯一の事例提供であり、WS参加者から歓迎された。(米 Marburger 長官、米 NSF からの出席者に直接聴いたところ、日本からの本WSへの貢献については非常に感謝をしていた)
- ・ 政策立案と政策研究との間のリンクという点では3つ程度のアプローチが提起されたのではないと思われる。
 - # 第一のアプローチは、Marburger 氏が当初主張していた研究開発の成果を直裁に測定できる計量経済学的(econometric)なマクロモデルの開発である。但し、この点については、WS出席者は懐疑的であり、議論は余り行われなかった。
 - 第二のアプローチは、カナダの Gault 氏など NESTI 関係者が主張するミクロアプローチであり、個々の指標開発を一つ一つ進めていこうという考え方である。このアプローチについては、統計サイドのみならず、政策サイドでも必要なアプローチであると認識され、長期的な取組みの必要性が改めて認識された。しかし、戦略的な政策決定の場面で喫緊に必要となっているのはこのような新規のデータ整備ではなく、むしろ既存のデータを分析・利用し尽すための分析ツールの開発ではないか、との問題提起が多くなされた。
 - # (この問題提起に対応した)第三のアプローチが、第一、第二のアプローチの中間的な分析ツールを開発することである。日本の NISTEP が採用している SSP ツールについてはこのような観点から高い評価を集めたし、また、米国の Borner 教授の macroscope 手法は近未来の SSP 手法の可能性を提示したものとして WS 参加者の高い関心を集めていた(Ws 会場内では macroscope 手法に基づくデモの事例が展示紹介されており、多くの WS 参加者が説明を聞き入っていた。)
- ・ 本WSとしては、(米 Marburger 長官も発言しているように)政策立案者と政策研究者の対話が促進され、SSP 研究の重要性に対する意識が高められたことで基本的な目的を達しており、特に具体的な成果文書等が出されるものではない。一方、今回の WS の議論の成果は、9月に NESTI が開催する Blue Sky II 国際会議に対するインプットとしても活用されるはずであり、引き続き9月の会合の成り行きを注視していくことが必要である。

WSの議論の概要は以下のとおり。

(0) イントロダクション

本WSの議長である Wagner 氏(ドイツ連邦政府教育研究省出身:GSF 議長)より、WSの狙い、

構成等について簡単に紹介された。

- ・ 米 OSTP の Marburger 長官のイニシアティブにより構想、開催されたもの。
- ・ 政策決定に必要な信頼性のある分析手法を発見したい、という問題意識が基底にある。
- ・ このため、各国政策立案者のニーズを聴取した上で、政策研究者から様々な分析手法を紹介し、両者間で対話を行うことが目的。

(1) セッション 1 「政策立案者の高まるニーズを満たすために」

米 NSF の Olsen 副長官のチェアの下で次のような議論が行われた。Olsen 副長官の冒頭説明以下のとおり。

- ・ 各国政策立案者のニーズを聴取し、科学政策の科学 (Science of Science Policy: SSP) の今後の方向性に教訓を得ることセッションの目的。
- ・ スピーカーは地域バランスを考えて選ばれている。参加者の都合によりスピーカーに若干の変更があった。

初めに、米 OSTP の Marburger 長官より基調講演が行われた。概要、以下のとおり。

- ・ 科学技術に関する大統領演説が今年行われた。この中で、連邦政府の研究開発投資に関して取り上げられている。ファンディングのバランスをどうするのか、将来の投資分野をどうしていくのか、これらをどのように測定 (assess)、監視 (monitor) していくのか。
- ・ 過去の政策決定の手法 (指標など) を超えて、以上のような問いにどう答えていくのかが米国においては課題となっている。
- ・ この観点から、本年 5 月にアトランタで本日と同様の会議を開催した。将来の課題を特定し、どう対応していくべきか、という点が基本的な論点であった。
- ・ 研究開発には不確実性もあるが、研究開発のインパクトについて予測 (prediction) することは可能である、という立場に立って考えたい。自分は物理学出身の科学者であり、複雑な事象 (科学技術に関する政策) であっても、適当なモデルを導入し、幾つかの重要なパラメーターを抽出して、事象の簡素化を図ることができれば、予測は一定程度可能だと信じている。
- ・ 科学技術システムに予測可能性を導入できないか、そのための予測のモデルは何か、このようなモデル開発により研究開発投資に対する理解を増すことができないか、といった問題意識を持っている。科学政策に関して、社会に対して説明責任を果たす必要がある。
- ・ このような観点からは、NSF は 2000 年に “ Prediction on S&T – Future and nature ” という報告を出している。科学技術のインパクトを予見することは不可能ではないし、予見可能性を放棄することは科学技術政策の意義を否定することにもつながる。科学技術がよりよい社会を構築するためのポジティブなインパクトをもたらすことができるようにすることが、科学技術政策立案者の務めである。
- ・ 予測のためには、人間の行動 (human behavior) に関する深い理解が必要である。この点で、人文・社会科学の知識の動員が必要である。
- ・ 予測のためのモデル開発には時間もかかるであろう。しかし、政策の信頼性を高めるためには避けられないことである。
- ・ 2005 年に AAAS で講演した。科学技術への投資は、生活の質 (QOL)、経済の発展といった社会経済的インパクトを生み出すものである。このようなインパクトを予測するための計量経済学的 (econometric) なモデルが必要であると主張した。これはナイーブなアプローチだという批判があるかもしれない。50 年前から存在した課題なのかもしれないが、近年の IT、特にコンピュータによる情報処理能力の向上は、今まで不可能だったモデルの使用を可能にしたかも知れない。
- ・ 米国の膨大な研究開発投資は何のためのものなのか。アウトプットはどのように測定するのか。論文か、特許か。どのような指標により測定するのかは重要な問題である。質の高い指標が必要である。この分野では、NSF が長年取組みをしてきているが、さらに包括的な指標検討が必要である。
- ・ NSF はこうした政策分析ツールの改善を図るための 5 カ年計画をもっている。どのようにイ

ノベーション投資がリターンをもたらすのか、ジャーナルの分析を同行すべきなのか、データ、モデリングに関して、よりシステマティックなものを開発していきたい。

- ・ 自分は科学技術政策の大統領補佐官として 2001 年にホワイトハウスにやって来た。そこで、経済政策の大統領補佐官と比べると、政策決定に使用可能な分析ツール、データが圧倒的に不足していると感じた。SSP に基づく様々なデータ、モデルが必要である。
- ・ この WS を通じて、SSP への関心が高まり、科学技術政策のインパクトを高めるための手法が模索されることを期待したい。

その後、各国の政策立案者より、各国の政策立案プロセスにおける科学政策研究 (Science of Science Policy: SSP) に対するニーズなどが紹介された。

文部科学省 林文部科学審議官によるスピーチの概要、以下のとおり。

- ・ 科学技術行政を進めていく上で SSP の役割は重要。政策立案のフォーマルなプロセスの中で、また国民に対する説明責任確保という文脈の中で、SSP に基づく各種の分析手法、指標などが活用されている。
- ・ このような分析手法は必ずしも定量的なものに限らない。定性的に、研究成果の可視化を図っていくための各種の手法についても工夫している。
- ・ 科学技術政策研究所は、「デルファイ調査」「ベンチマーク調査」「未来予測」といったユニークな SSP 分析手法を開発している。こうした手法は、我が国の中期的な計画 (基本計画)、例えば、重点領域の設定に当たっても、重要なインプットの一つとして活用されており、評価できるもの。
- ・ また、インプットの総額 (研究開発投資目標) を決定していく上では、政府研究開発支出の対 GDP 比率も指標として活用している。これに限らず完全な指標というものはないが、他に代替指標が存在しない以上は意味のある指標であると考えている。
- ・ このように我が国では SSP 研究の成果を実際の政策判断の場面で活用することが増えてきており、今後の SSP に対する期待は大きい。その上で、今後の SSP の抱える課題としては、指標の国際互換性の確保、研究機関レベルのパフォーマンスを測定する手法の開発、の二点を挙げたい。

英・貿易産業省 (DTI) 科学イノベーション庁 (OSI) の Williams 氏によるスピーチの概要、以下のとおり。

- ・ 英国の研究基盤 (research base) がもたらすインパクトを測定していくことが一つの課題。
- ・ ここで、研究基盤とは、高等教育機関、研究会議 (Research Councils) と傘下の研究機関、国際機関を指す。
- ・ 英国の科学・イノベーション・システムは、高等教育向け資金と研究会議の資金という dual support system によるファンディングをインプットとして、研究基盤を通じて、社会経済的効果を生み出すものである。
- ・ 英国政府 (OSI) の基本的役割は、政府各部局の目標を設定し、4 半期毎に進捗状況を報告書にとりまとめることである。
- ・ この目的のため、2004 年に PSA (Public Service Agreement) という仕組みを導入した。論文、引用度、特許、ライセンスの数、GDP 比、他の G8 諸国との相対的水準などを PSA 指標として、PSA 目標を設定する。これにより研究基盤を世界的水準の COE とすることを狙っている。
- ・ 2004 年には、2004 - 14 年の 10 年間の科学・イノベーション 10 年フレームワークを策定した。この中で、次の 10 年間に取り組むべき課題を抽出するとともに、期間中毎年進捗状況をモニターするための年次報告書を取りまとめることも決めている。
- ・ このように、PSA レベルを最上位として、10 年フレームワークのレベル、研究会議 (RCs) レベル、各研究会議のボードレベルなど、各レベルの政策がある。異なる政策レベルには、異なる評価手法が必要である。

南ア・科学技術省 (DST) Mabokano 氏によるスピーチの概要、以下のとおり。

- ・ 南アの科学技術政策の戦略は、イノベーション、科学基盤（ここでは科学技術人材を指している）、科学技術システム、の3点に重点をおいたものとなっている。
- ・ イノベーションについて言えば、子供の教育から研究活動を通じて商業的な利用に至るまでの一連のプロセスの改善を高めることを大きな課題と考えている。
- ・ 政府の研究開発投資としては GDP 比 1 % を目標としている。この指標には批判もあるのかもしれないが、多くの OECD 諸国ではこの指標を使っていることも事実であるし、現在も意味のある指標だと考えている。

その後、政策立案者と SSP 研究者の間で議論が行われた。その議論の概要、以下のとおり。

- ・ （南アは別として）日本と英国のスピーチは有益だった。林文部科学審議官のスピーチ、Delphi 手法の政策立案への活用事例は興味深かったが、4 分野の特定というレベルであるならば Delphi を用いるまでも無く経験的に分かる話ではないのか。マーバーガー長官の問題意識、SSP の手法が未熟（premature）なのではないか、という点に対して二つの論点を提起したい。マーバーガー長官はこれまでもこの問題について問題提起をしてきたわけであるが、経済学者、社会科学者たちの反応はどのようなものであったのか、ポジティブなものであったのか。科学技術政策分野において分析ツールが未熟であると主張する場合、他の政策分野はどのようにになっているのだろうか、福祉政策や国防政策を論じる際にどのような政策分析ツールが用いられているのだろうか、それらは十分に満足できる手法になっているのだろうか。（蘭：基礎研究財団 Chang 氏）
- ・ 質問に答えたい。現在、このような問題について関係者の関心を高め、活動を促進しようとしているところであり、政策立案者としては分析ツールが必要だということを主張していくことが現在の段階。少なくとも、経済政策の分野と比べると、科学技術政策の分野には分析ツール、モデル、指標は十分に整備されているとはいえない。（米：Marburger 長官）
- ・ 4 分野というレベルでの重点の特定ということを超えて、さらに分野内の重点化を行う場合にも、Delphi は役立てられている。そのレベルでこのような分析ツールが有用であることは同意されるのではないか。（日本：桑原総務研究官）
- ・ 経済学のモデルにはミクロモデルとマクロモデルがある。マーバーガー長官のスピーチを聞く限りミクロモデルを想定しているようだが、マクロモデルの必要性はどうか。国内では、経済省がマクロモデルの使用に積極的。また、南アのスピーチの中に、プロセスへの着目という点が含まれていたが、どのようにすれば科学技術システムが改善されるのかといったプロセスに関する分析手法も必要ではないか。（デンマーク：国立 Risø 研究センター Kjemis 氏）
- ・ プロセスの分析手法も重要であるという点に同意。研究開発をどのように変化させていくか、グローバル化にどのように対応していくか、といったことを分析できる社会科学上の知見が必要。米でも商務省がこのような分析に対してニーズを有している。（米：Marburger 長官）
- ・ ブッシュ大統領の問題提起に先立ち、OECD では 10 年前から科学技術、イノベーションの役割に着目し、指標の整備を続けてきた。米国は、今、アウトプットを測定することにより、何を獲得しようとしているのか。また、多様な内容を内包している科学技術活動全般を、どのように測定していくのかというのは難しいことだが、それはどの程度可能だと考えられているのか。研究開発投資額の対 GDP 比率という指標について懸念が示されているが、本当に問題なのか、その指標は多くの国において依然として有効な分析ツールなのではないのか。科学技術活動を経済的観点のみから評価しようとしてもいいのか。（伊：国家研究会議（INRC）Sirilli 氏（前 NESTI 議長））
- ・ 仏・高等教育研究省はこの問題について幾つかのアイデアを有している。重点分野の抽出に当たっては、研究の世界的センターがどこにあるのかを特定し、その機関、世界をリードできる分野に重点投資するアプローチをとっている。（仏：高等教育研究省 Serris 氏（OECD 科学技術政策委員会委員長））
- ・ 科学技術政策のために新たな分析ツールは必要。ここで、分析ツール、指標を抽象的に議論するのではなく、少し類型化して捉えることが必要ではないか。企業において用いられ

る指標には3つの類型があるように思う。会計(account)レベル、マネジメントレベル、戦略レベル。は会計制度に基づく厳格なモデルで無ければならない。は企業であればベンチマーク手法のようなもの。は企業で言えばCEOの戦略判断を支援するための情報、といったことになる。研究開発の指標も同様の3類型が可能ではないか。研究開発について言えば、は既にOECD(NESTI)で開発されている統計のようなもの。は、引用度とか特許などのベンチマーク。は、この場で、政策立案者が知りたいと思っているような指標のことではないか。このように考えれば、ここでは、の議論を深めるべきだと思う。(仏：科学技術評価院Duby 院長(セッション2議長))

- ・ のレベルの分析ツールが無いことはまさに課題といえる。各国によって科学技術のコンテキストが異なる以上、の分析ツールは各国によって異なるものが採用されていいもの。しかし、各国に共通するものもあるだろう。ここで、この場における論点としては、各国の分析ツールにどのような利点と欠点があり、そこから我々が何を学ぶことができるのかという点であろう。(米：Marburger 長官)
- ・ の国際的なベンチマークという点についても、指標のハーモナイゼーションなど、OECDとして、より直接的に貢献できる面があるだろう。(日本：林文部科学審議官)
- ・ まさに、の点ではOECDの役割は大きい。この点での、OECDの今後の役割に期待。(英：William氏)
- ・ 包括的なフレームワークを見出すことは困難だが、何が基本的に必要なアクションであるかは見出すことができるのではないか。日本(林文部科学審議官)のプレゼンにあったように、科学技術がどのように社会経済的なインパクトをもたらすようになるのかを測定することは一定程度可能。さらに測定(assessment)の努力を続ければ、研究開発へのファンディングがどんなインパクトをもたらすのかより正確にわかるようになるだろう。(フィンランド)
- ・ 重要な議論になってきている。林文部科学審議官のプレゼンにあったように、研究開発成果を可視化するという俯瞰型(Birds' Eye View: BEV)アプローチは重要な考え方。政策立案者は、メディアや広範なステイクホルダーとの間で様々なコミュニケーションを図ることが求められる。このような市民に及ぼされる科学技術のインパクトというのは、単なる社会科学的研究のみでは取り扱えない。即ち、自然科学者と人文社会科学者の深い対話が必要。経済学的なモデリングもいいが、科学技術、イノベーションの真の意義とは何なのかをよく考える必要がある。研究開発投資の役割から見直してみるべき。(ポルトガル：研究財団Caraca氏)
- ・ 予測、と一言と言っても、様々なレベルがあり、普遍的な分析ツールがないということについてはその通り。研究の質を高めるためのアクションをとる上での判断を助けるツールが必要。(米：Marburger 長官)
- ・ もちろんこうした議論には正解は無い。EUにおいても、このような問題に対する議論は行われているが、状況は極めて複雑であるといえる。特に、EUの場合、国家レベル、EUレベル、グローバルレベルの3つの階層区分を前提として政策を考えることが必要であるため、精緻な議論は簡単ではない。達成状況について、Eurostatではイノベーションサーベイを実施している。ポトチュニク欧州委員の関心に従い、研究の指標を、教育、イノベーションと関連付けることが期待されている。(EC：欧州統計局(EUROSTAT) Goetzfried氏)
- ・ SSPが抱える問題は各国のコンテキストにより異なるが、研究開発の監視(monitors)には次のような方法がある。事前評価、イノベーションのスコアボード(評価手法の総動員)、リスボンターゲットの達成状況評価。最近、ECは各加盟国の国内政策をレビューしている。その結果として、今後の指標ニーズに関する具体例を掲げたい。1) グローバル化の状況を図る指標、2) インプットとアウトプットをリンクさせるための指標、3) マクロ指標(大学、研究機関の世界的位置付けなど)、4) 計量経済学的指標、5) 政策にインパクトを与えるための指標。ここで、5)は明らかに高次の問題を内包している。(EC：研究総局Duchene氏)
- ・ 仏Duby氏の指摘、問題のレベル分けは興味深い。ここでは、戦略レベルの議論に集中すべきではないか。政策立案者は、何が実際に問題なのか、どのような問題が必要なのか、なぜ現状の指標では不十分なのか、明確に表明する必要がある。また最近、政府の研究開発

投資が増加しつつある。一方で、政策立案者は現状の科学システムに不満があるようにも思える。大学や研究機関が、より国民のニーズに対応した活動をするように政策立案者は勤めることが必要。(蘭: Chang 氏)

- ・ 研究開発投資を合理化する理屈がますます重要になっている。このためにコミュニケーションが大切になってきている。(英: Williams 氏)
- ・ 科学政策を取り巻く状況は厳しくなっていると感じる。経済発展は科学技術投資の必要性を合理化する一つの理屈だが、技術のための科学基盤の整備という点も合理化の理屈の一つ。また、研究開発投資を対 GDP 比でいくらにするのかというのは各国の置かれる状況により異なるので一概には言えない面がある。(米: Marburger 長官)
- ・ 社会情勢を見ると、労働力の流動性という点が経済発展とリンクしているのではないかと。これはデンマークの最近の経済的成功の理由といわれている。このような、人材問題まで含めた包括的(holistic)な枠組みで議論すべき。(デンマーク: Kjems 氏)
- ・ OECD は経済分析を通じて国際ベンチマークを行うことが可能な環境を提供している。もちろんデータの種類には限界があるが、データの種類を増やすには膨大な資源と手間を強いることになることは認識して欲しい。本当に必要な指標は何なのか、十分な検討が不可欠。(OECD 事務局: Pilat 課長)
- ・ 指標の中では、人材に関する指標が不十分であると感じる。(仏: Serris 氏)
- ・ 博士号取得者のキャリアを調べるための指標開発は、UNESCO、OECD、Eurostat の協力で行っている。既存の取組みを最大限に活用するという考え方も重要。(EC)
- ・ 労働力、人材に関する指標の重要性については理解できるところ。(米: Marburger 長官、Olsen 副長官)
- ・ 科学技術人材は技術者まで含めて重要な分野。(トルコ)
- ・ SSP において具体的な指標測定をすることは難しいことが多い。全ての指標開発はできないので、真に政府が関与すべき分野において指標開発を行うべきではないか。例えば、人材育成は政府の役割が強い分野。人材、労働力の流動性を測定できる指標は重要。(スウェーデン)

セッション 1 についての議論の総括は特に行われなかった。

(2) セッション 2 「分析手法と指標開発の科学」

仏・科学技術評価院の Duby 院長のチェアの下で議論が行われた。冒頭 Dub 氏より、議論は野心的に行うべき、例えば 20 世紀には人間の行動を対象とした「社会の物理学」といった野心的なアイデアを提起する人もいたが、コンピューティング能力の高まっている今日では、そのような野心的なアイデアも可能になっているかもしれない。

はじめに、カナダ統計局の Gault 氏(OECD/NESTI 議長)より基調講演が行われた。概要、以下のとおり。

- ・ OECD (NESTI) ではこの 10 年、様々な指標開発の取組みが行われてきた。例えば、1992 年の TEP レポート、1996 年の Blue Sky I など。オスロ・マニュアルも NESTI により改訂を重ねてきた。
- ・ 指標開発の科学はシステムズアプローチに依っている。Actor, activity, linkage, outcome, impact といった要素に基づき分析している。国民経済計算などもシステムズアプローチの適用されている分野である。
- ・ システムズアプローチはモデルを必要とする。ミクロモデルもマクロモデルも存在するが、ミクロモデルに特に関心がある。最近のコンピューティング能力の向上は、ミクロ分析を進める上で必要な条件を整えている。
- ・ 我々は未来を予見できるのか。もちろん制約はあるが、シナリオ分析が有効な手段であると考えられる。シナリオ分析は関係者の間での対話から生まれる。
- ・ 次のステップは何か。人間の行動という点に取り組む必要がある以上、人間に関する従来以上の情報(education, training, mobility, demography, culture, etc.)が必要。関係者のネットワーキングを実現することにより、「大きな俯瞰的な図」を描くことができる。ネットワーキングはエビデンスベースの政策決定プロセスにとっての前提条件である。

- ・ これらのことは、本年 9 月の NESTI Blue Sky II で議論される。各国の参加を期待。

その後、各国の科学政策研究（SSP）研究者により、最近の研究の現状と課題などについて紹介された。

まず、文部科学省科学技術政策研究所 桑原総務研究官によるスピーチの概要、以下のとおり。

- ・ 日本は 1996 年以来基本計画の策定をしており、それを契機に政策決定の方法が変わった。SSP も政策の変化に対応して推進されている。
- ・ 科学技術政策研究所（NISTEP）は内閣府にも報告をしている。SSP への政策サイドの期待は大きいように感じる。このため、NISTEP では、インパクト分析、科学活動に関するマッピング、デルファイ法技術予測といったものに関する研究開発活動を行っている。
- ・ SSP に残された課題は何か。国際比較の問題。科学技術系人材のキャリアパスに関する分析。分野ごとの研究開発人材の測定。研究開発人材の需給モデル。科学技術投資のインパクト分析。
- ・ 統計調査についてはコストも手間もかかるもの。国際比較についても十分な比較が可能になっているわけではない。このあたりが SSP の制約条件であることに留意すべき。
- ・ いずれにせよ、こうした場を通じて、SSP の重要性が認識され、更なる発展が促進されていくことを望みたい。

Duby セッション議長より、日本における SSP の政策決定への活用事例は興味深い、日本はこの分野をリードしている国の一つではないか、との発言あり。

米・インディアナ大学 Börner 教授によるスピーチの概要、以下のとおり。

- ・ microscope（顕微鏡）、telescope（望遠鏡）の類義語だが、macroscope という考え方を提起したい。Macroscopic は複雑な事象を、パターン化、変数減少させることを通じて、単純化、ビジュアル化し、理解しやすい全体像として示す手法。
- ・ macroscope 手法は、科学政策の立案を助けることができる強力なツール。科学の世界を一望できる基本地図（base map）を作成することを通じて、科学政策を考える材料を与えるもの。
- ・ basemap にはいろいろな形式が考えられるが、例えば、科学の世界の主要なパラダイムとその変遷の現状、論文、引用の現状、分野間の相関関係、各国語との知識、excellence の所在状況、等のことを各々 basemap に書き表して一つの世界像を示すことができる。
- ・ このような basemap は、政策立案者を助けるのみならず、子ども、生徒たちが、将来の科学技術キャリアを展望する際にも活用可能なものである。
- ・ basemap 作成プロジェクトは、NSF の支援を受けて、2005 年から 1 年間の計画で進んでいる。NSF からはコンピューティング能力の提供を受けている。
- ・ macroscope の作成はどのように行えばいいのか。答えは以下のようなのだろう。優れたアルゴリズムを考案すること。高度なコンピューティング能力を駆使すること。質の高いデータセットを利用できること。作成した basemap をチューニングしていくために専門家の知見を糾合すること。

Duby セッション議長より、21 世紀の SSP の最先端、可能性を示す興味深い事例であるとの発言あり。

英・マンチェスター大学 Georghiou 教授によるスピーチの概要、以これにかわる下のとおり。

- ・ 研究システムのトレンドと、そのトレンドによる評価へのインパクトについてお話しする。
- ・ 研究システムのトレンドは何か。研究開発投資は各国において急速に増加しつつある。また、イノベーションが、経済発展の大きな原動力であることに各国が意識を高めつつある。
- ・ そこで課題となるのは、高まる政策立案者の要求に対して（研究コミュニティが）如何に对应していくのか、研究開発やイノベーションへの投資の質を高めていくためのよりよいツールはあるのか、といった点である。
- ・ ここで、科学が経済社会にインパクトを与えるルートは幾つかある。科学的発見・論文、

人材の養成、技術移転・商用化など。このうち明らかに最も重要なルートは科学的発見・論文による貢献である。

- ・ 過去、フィンランドのNISに関する分析、EUREKAに関する分析など成功した分析結果がある。こうしたものを活用するべき。
- ・ 一方で世界は変化している。社会経済情勢の変化を分析すること、イノベーション・システムをオープンなものとして、生態系 (eco-system) としてとらえることが必要。
- ・ peer review による評価に対しては懐疑的な立場も出始めている。新たな評価システムを展望することも必要。
- ・ innovation system に対する予測 (foresight) も重要になってきている。リニアモデルとしてではなく、システムとして捉える必要。GDP3%のリスポンターゲットは意味があるものの、手段であって目的それ自身ではなく、研究開発投資の効果を最大化するための分析手法の開発は必要な課題。このような目的に沿った SSP を推進することが必要。
- ・ 研究開発を需要する側の意向を踏まえた政策立案が必要。そのように考えると、現在の政策分析ツールは、供給側にフォーカスされたものが多い。労働力の流動性、イノベーションに資する調達、イノベーションの原動力等に関する分析の強化が必要。
- ・ 結論としては次の通り。過去 10 年間の研究システムの変化に留意して議論すべきであること。研究開発やイノベーションのシステムを (普遍的、固定的な存在として理解するのではなく) 生態系 (eco-system) として捕らえるべきこと。効果的な評価はミクロレベル (又はメソレベル) で可能であること。 (マクロレベルでは困難であること)

その後、政策立案者と SSP 研究者の間で議論が行われた。その議論の概要、以下のとおり。

- ・ 様々な SSP 研究の状況を紹介していただいて感謝。どの意見も政策立案にとって興味深いもの。 (米: Marburger 長官)
- ・ 研究開発費を性格別に、基礎、応用、開発と分類する手法が現在とられているが、それは妥当なのか疑問。産学の距離は近づいている。リニアモデルが有効なのか。 (ノルウェー)
- ・ 統計指標の質についての言及があったが、更なる質の向上が必要なのか。Eurostat では各の統計部局の協力により適切に運営されている。 (EC: Eurostat 事務局)
- ・ 企業の多国籍化に伴い、企業の国籍は無意味になってきている。こうしたことを、国別の統計では十分に捕らえられない。政府にとって重要でも企業にとって使えない統計もある。小さな国の企業にとってはこの問題は重要。この点で統計の改善、OECD の役割を感じる。 (スウェーデン)
- ・ 国別の統計、国別のマクロな絵を提供することは重要。 (OECD 事務局: Pilat 課長)
- ・ 日本が指摘したとおり、科学技術系人材にかかる統計の不足を感じる。この点を強化すべき。 (仏: Duby セッション議長)
- ・ 人材に関する統計は複雑であり、大きな新たな調査が必要で、コストもかかるのでなかなか整備が進まなかった。例えば、人材の流動性などは難しい課題。こうした点に進歩があれば好ましい。 (日本: 桑原総務研究官)
- ・ 定性的な測定ツールの整備も重要ではないか。 (仏: Duby セッション議長)
- ・ 二点の論点を提起。研究開発はよりデマンド重視に移行しつつあるので、統計にも、研究開発の動機などデマンド側の問題に関する指標整備が必要。基礎研究は引き続き重要であり、これを長期的に影響予測するにはどのようにすればいいのか。 (独)
- ・ (独指摘の については、) ハイテク型スピンオフ企業に関する指標開発などが必要。 (英: Geoghiou 教授)
- ・ (独指摘の点については、) 非伝統的 (not-conventional) な科学の役割が重要。例えば、目標設定型研究 (target research) などは未だに一定の検討の価値があるまた、政策的にはどのように若者を科学に惹きつけるのか、という点が重要。また、日本が行っている science mapping の手法は魅力的であり興味深いもの。日本が行っているこの microscope 的なモデルと、米 Börner 教授が開発中の macroscope モデルをどのように組み合わせたいのか、という点は今後の興味深い大きな課題となるのではないか。 (蘭: Chang 氏)
- ・ 基礎研究を社会経済的ニーズにどのように関連付けていくか、といった問題提起に関しては自分も重要な問いかけであると思っている。宇宙科学や高エネルギー物理学といった高

コストな研究のことを考えたとき、その社会的インパクトはどのようなものだろう。社会は、（経済的ニーズではなく）知的好奇心そのものといった観点から研究投資を支持していると言えるのではないか。望まれるのは、このような分野の科学の価値をも俯瞰できるような science map の開発ではないか。（また、基礎研究以外でも、）米国ではローカルな研究 COE の存在が重要なコンセプトになっており、このようなものを取り扱うこと、研究と社会経済的インパクトの間のリンケージを考えていくことが重要。この場合、科学的発見それ自体がインパクトを持つことに留意すべき。（米：Marburger 長官）

- ・ 自分は独連邦政府研究教育省に 30 年間勤めたが、正直に言って、政策決定に SSP 手法を実際に活用して判断に至ったことは一度も無かった。米国などの状況はドイツとは異なるような気がして刺激を受けた。ところで、政策は現実をそのまま反映するものではなく、政策決定者の意向を反映してできあがるもの。したがって、政策決定者の意向は何か、彼らが必要としているものは何か、を考えて（SSP を進めていくことが）重要。もっとも重要なのは現実を指し示すデータであり、このようなニーズに沿ったデータベースの整備が重要。（独：Wagner GSF 議長）
- ・ 科学とは事象を記述するフレームワークのことである。SSP も科学たる上では、科学技術システムを記述するための一定の理論構築を行う必要。（ポルトガル）
- ・ ここまでの議論は建設的なものであった。知識経済への移行、人材への着目などは、フラスカティマニユアル改定などこれまでの NESTI の活動の軌跡と軌を一にするもの。サービス産業における研究開発投資に関する指標の開発や、科学技術系人材の指標の改善（FTE 換算の導入）などである。今後の課題としては、グローバル化に関する現象と、ローカルな事象との間の相反、関係をうまく理解しながら、指標開発を行っていくべきこと、などが提起されたのではないか。（伊：Sirilli 氏）
- ・ サービス産業における研究開発投資に関する指標の開発などフラスカティマニユアルの改定は、社会経済ニーズの変化への統計側の対応として意義のあるものだと思う。情報、データは提供されている。真の問題は、政策決定者がこれを活用するかどうかだ。（加：Gault 氏）
- ・ SSP に関する興味深い議論ができた。SSP は科学になっているのか、という問いかけは興味深かった。（仏：Duby セッション議長）

（３）セッション３「結論 - 今後に向けて」

Wagner 氏（ドイツ：GSF 議長）のチェアの下で次のような議論が行われた。

- ・ ここまでのセッションを聞いて自分の感想は次の通り。セッション 2 などを通じて、日本や英国のスピーカーが、興味深い SSP の様々な手法を紹介した。政策決定に必要な分析行為は、トップレベルのものから日常レベルのものまで様々であり、単なる指標整備だけではない様々な SSP 的な思考方法が求められている。特にこの WS では、トップレベルの政策判断を支援するための手法に関心を持って議論している。この点で、Duby 氏の問題の類型化、strategic level - management level - account level という３タイプの考え方は興味深いものであった。Strategic level で考えた時の課題は何か。我々はデータを必要としているのか、という点ではないのか。むしろデータをいかに上手く活用していくのか、という点が課題なのではないか。グローバル化を巡る問題提起も興味深い。フィリップスのような多国籍企業の実施する研究開発をナショナルな統計がどのように把握していくことができるのか。さらに、研究の価値を社会・文化的な側面から関連付けて理解するべき、という問いかけもあった。重要な問題提起と思う。以上の議論を踏まえ、ここでの課題は次のステップを考えることである。9 月には NESTI が Blue Sky II 国際会議を開催する。そこで議論につなげる意味でも、ここで次のステップを検討することは重要である。（Wagner 議長）
- ・ データのよりよい使用法、データの価値を戦略的に使い尽くす手法、を考えることが政策的には大きな課題。データの使い方に着目したさらなる検討が続くことが重要ではないか。（仏：Serris 氏（OECD 科学技術政策委員会委員長））
- ・ セッション 2 の議論の中で浮かび上がったいくつかの論点は重要なもの。このような問題が提起されたことを歓迎したい。（米：Marburger 長官）

- ・ SSP と科学そのものが異なるとすれば、human behavior に関する理解が SSP には求められるという点である。現在の SSP 手法の高度化の為には、human behavior の理解を高めることが最優先課題である。（米：Lightfoot 氏）
- ・ データ自体についてもいくつかの論点が提起されたと思う。不足しているデータもある。科学技術系人材に関するデータが少ないことは一つの大きな課題。（フィンランド）
- ・ データの整備、特に国際的な場でのデータの整備は、step by step で一つの指標ごとに着実に進めていくしか道が無い。このためには、複雑な国際的な状況の中で、真に着目すべき政策課題は何なのかを明確化しないといけない。（EC (Eurostat)）
- ・ 政策決定者は更なるデータを必要としているのか。答えは Yes でも No でもある。政策を巡る状況により答えは異なる。確実なのは、現在のデータの範囲内でも、さらに導ける結論は多いということ。単に、追加的なデータが必要だ、という結論になってしまうとすれば、自分は懐疑的にならざるを得ない。（伊：Sirilli 氏）
- ・ 蘭、EC、フィンランドの論点提起に関心を持った。状況は複雑であり、データが必要か分析ツールが必要かというのは難しい。ここでの議論の一定のコンセンサスは、エコシステムとしてイノベーション・システムを捉えるべき、ということ。ヒューマンゲノムプロジェクトを例にとって例え話をすれば、イノベーション・システムが human behavior であり、我々が知りたい SSP はヒューマンゲノムのようなのである。ゲノムの要素や機能の一つ一つ明らかにしていかなければならない。この解明は長い道のりであろうが、進んでいかなければならない。（米：DOE Jaffe 氏）
- ・ 政策決定には一定の保証 (guarantee) が与えられる必要があり、この意味で SSP の役割は大きい。ところで、2 点疑問な点がある。ここで議論したかったのは科学技術政策なのかイノベーション政策なのか。前者はより複雑であり、後者であれば議論は行いやすいもの。
グローバル化と個々のナショナルレベルの政策との矛盾、関係をどう整理すべきか。科学技術政策は基本的に国レベルの営みである。（日本：原山教授）
- ・ （今の論点については）科学技術政策は個々のナショナルな文脈の中で行われるものであり、必要な SSP 手法も国により異なっても当然。但し、データの国際互換性の担保は図ることが必要。また、政策の世界では、各国ごとに異なるデータへのニーズもあるだろうが、共通したデータへのニーズが国際的に存在する場合もあるだろう。そういうときには国際的にデータ整備を進める必要がある。データが必要なのか、という問いかけに対しては、特定の場合には必要である、という答えになる。では、どのデータが必要なのか。特に、Duby 氏の類型における strategic level でどのデータが必要か。これが残された課題であり、9 月の NESTI 会議へと引き継がれるべき問題ではないか。（Wagner 議長）
- ・ この WS の成果としてなにかマジックのようなことが起こることは期待していない。しかし、世界は急速に移り変わっており、この変化に対応して研究開発システム全体をどのように再評価していくのかというのが、基本的な政策的課題である。（この WS を通じて）この問題に対する国際的な関心が高まればよいし、OECD はそのような国際的議論を行うのにふさわしい場である。日米英における興味深い取組みを今日は知ることができた。新しい思考法が生まれてきており、このような点に参加者が注目した。このことだけでも、この WS の成果といえるし、自分はこの WS からこれ以上具体的な結論が見出されることを期待していない。（米：Marburger 長官）
- ・ （自分なりに議論をまとめると）SSP にとって何が最大の課題なのかを探ることがこの WS の基本的論点であった。例えばカールソンペーパーにあるように、幾つかの課題が浮かび上がった。このことは価値のある成果といえる。今、必要なのは、データなのかそれ以外なのか。これについては論争があったが、（Geoghiou 教授も言及していたように）科学技術政策には accountability の確保が求められつつあり、そのための何らかの情報が要求されるようになってきていることは事実である。どのように研究開発費を配分していけばいいのか、それは単なる指標の問題ではなく、より大きな評価の問題である。（蘭：Chang 氏）
- ・ 直近の次のステップは 9 月の Blue Sky II 国際会議である。この WS の結果を踏まえて、9 月の会議向けに、政策立案者の観点からのキークエスチョンを提示し、議論してもらおうのが良いだろう。それに続くステップとしては、SSP のツールをまとめたツール集（ブックレ

- ット)の作成などが挙げられるかもしれない。(Wagner 議長)
- ・ 9月の会合の出席者は基本的に統計専門家であり、政策議論にはふさわしくないことを留意してほしい。必要ならば、政策立案者も参加して議論に貢献して欲しい。(加:Gault 氏(NESTI 議長))
 - ・ 今日は多くの有益な議論ができた。感謝したい。(Wagner 議長)

NSF ライトフット局長講演:「科学政策のための科学:米国 NSF のイニシアティブ」

< 2006.8.28 >

1 . 講演概要・講師略歴等

所内講演会「科学政策のための科学：米国 NSF のイニシアティブ」

Dr. David W. Lightfoot 米国国立科学財団 (NSF) 社会・行動・経済科学局 (SBE) 局長
2006 年 8 月 28 日

概要

米国国立科学財団 (NSF) 社会・行動・経済科学局 (SBE) で進められている Science of Science Policy (科学政策のための科学) に関する新たな研究の取組みについて述べる。この取組みは、Marburger 米大統領科学担当補佐官のイニシアティブの下進められているもので、エビデンスに基づく科学政策の基盤を構築するために必要なデータ、分析ツールや知識を開発しようというものである。Lightfoot 博士は、NSF における科学政策のための科学研究の推進に際しての要となる問題設定とこれに対し現在進められている取組みの状況について述べる。

講師略歴

1966 年 ロンドン大学・キングスカレッジ卒

1970 年 ミシガン大学 大学院修了、Ph.D (古典学)

1967 年～2005 年 ミシガン大学、マックギル大学、ユトレヒト大学、メリーランド大学、ジョンズ・ホプキンス大学、レディング大学、ジョージ・タウン大学で言語学、認知科学分野で教鞭をとる。また、2001 年～2005 年には、ジョージ・タウン大学大学院の Dean を勤める。

2005 年～現在 米国国立科学財団 (NSF) 社会・行動・経済科学局 (SBE) 局長

2. 講演

【司会】 それでは、所内講演会「科学政策のための科学」を開催させていただきます。

本日、司会を務めさせていただきます科学技術政策研究所 第3調査研究グループ総括上席研究官の渡邊です。よろしくお願いいたします。

まず今日の講演会のタイトル「科学政策のための科学」の背景について若干ご説明させていただきます。

我が国でも第3期科学技術基本計画では、イノベーション重視の方向性が打ち出されておりますが、我が国に限らず、例えば米国では2004年の12月のパルミサーノ・レポート以来、あるいは他の国でも近年、イノベーション重視の傾向が強まっております。

こういったなか、2005年のAAAS(全米科学振興協会)の政策フォーラムで、アメリカのマーバーガー補佐官が、「サイエンス・オブ・サイエンスポリシー」と、エビデンスに基づいた科学政策、あるいは科学への投資の推進を提唱してられました。

マーバーガー補佐官はその後例えば2006年の同じくAAASの政策フォーラムでスピーチをされたり、あるいはこの5月にはジョージア工科大学での会議、つい先だってはOECD/GSFのグローバル・サイエンス・フォーラムでもこういった関連のトピックが議論されたりしてきて、そういう意味では米国や我が国に限らず、OECDといった場でも、イノベーションの政策あるいはそれに関連する「サイエンス・オブ・サイエンスポリシー」が議論されてきています。

9月8日、9日には、日本学術会議を始めとするイニシアティブの下で、私ども科学技術政策研究所も主催者の一人に入っておりますが、グローバル・イノベーション・エコシステムに関する国際会議が開かれることになっています。

こういった動きのなかで非常にタイミングよくライトフット博士が来日されて、本日ここに講演会を開催させていただくことができました。

それでは、ライトフット博士の略歴をご紹介します。

デービッド・W・ライトフット博士は、NSFの社会・行動・経済科学局の局長をされております。元々ご専門は言語学や古典学だそうで、1966年にロンドン大学のキングスカレッジを卒業された後、1970年、ミシガン大学において古典学でPhDを取得しておられます。その後、ミシガン大学、マックギル大学、ユトレヒト大学、メリーランド大学、ジョンズ・ホプキンス大学、レディング大学、ジョージ・タウン大学等で、言語学や認知科学といった分野で教鞭を執っておられます。また2001年から2005年まで、ジョージ・タウン大学大学院のDeanを勤めておられます。

2005年からはNSFの社会・行動・経済科学局(Social, Behavioral and Economic Sciences(SBE))担当の局長をしておられます。

NSFのホームページによりますと、SBEでは2007年度予算では、サイエンスメトリックスに680万ドル、ですから日本円ですと7億円を超えるという多額を投じて、このサイエンス・オブ・サイエンスポリシーを推進しておられるということでございます。

その推進のリーダーを務めておられますライトフット博士でございますので、ちょうど米国の生き活きとした取組みをご講演いただけたと思います。ではライトフット博士、よろしくお願いいたします。

(1) SBEの構成

【ライトフット博士】 ありがとうございます。ここに来ることができて大変光栄です。

毎年、政策立案者はどれだけの予算を、例えば物理学に使うのか地学に使うのか、決定しなければなりませんが、それは主に、過去の事実を見て決定するのです。昨年、何があったかを見た上で予算が決まります。

あるいは他に政治的な理由、例えば物理学者たちが上手に組織的に予算を要求することができるか、考古学者たちが上手に予算を要求することができるか、といった理由で決まります。また、直感で、やはりあの分野よりもこの分野にお金をかけたほうが意味がある、といった理由で決まることもあります。

AAASでの講演で、先ほど言及がありましたが、科学技術担当大統領補佐官のマーバーガー博士が問いかけました。「何かもう少し系統だてた予算の決め方はないのだろうか」と。完全に系統だて方法があると、誰もそのような幻想は持っていません。このような意志決定を機械に任せるこ

とができるとは誰も思っていません。しかし、それでももう少し系統た意志決定の方法はあるかもしれません。それがマーバーガー博士が提示した課題であり、NSF で取り上げようと考えたことです。

まず背景から説明しましょう。先ほど言いましたマーバーガー博士が問いかけた「どうすれば、系統だてて予算を決めることができるのか。」という課題に対して、NSF が取り組むことにいたしました。なぜならば、アメリカでは NSF が、科学、少なくともバイオメディカル以外の科学のすべてを管轄しているからです。NIH（米国国立衛生研究所）がバイオメディカルを担当しておりますけれども、それ以外の科学はすべて NSF が管轄しています。それゆえ、マーバーガー博士がそう述べたのであれば、NSF が取り組むべきであると考えました。その中でも私が局長をしている社会・行動・経済科学局が担当すべきではないかと考えたわけです。

（スライド 2、3）

ここで社会・行動・経済科学局についてですが、我々がこの課題にどう取り組んでいるか、という文脈からご紹介します。

この組織の中には 3 つの課がありまして、うち 2 つは研究を担当しています。1 つは行動・認知科学課です。この中のプログラムには考古学、文化人類学、地理あるいは地域科学、自然人類学、認知神経科学、発達・学習科学、言語学、知覚・行動・認知科学、社会心理学が含まれています。これらのプログラムは主として個人の行動に関わっています。個人の振る舞いなのです。個人、人間の心理がどうなるとどのような行動につながるのかなどを研究しています。

行動・認知科学課と並列して、社会・経済科学課があります。ここでも一連のプログラムがあります。1 つは局横断型の活動を担当するプログラム、1 つは意志決定・リスク管理科学、経済学、イノベーション・組織変革、法律学・社会科学、政治学、社会学、工学・科学技術研究の社会的な側面、方法論・測定・統計学、科学技術論というプログラムです。この課は主として、人間の振る舞いではあるけれども、集団としての特質を見ています。人間行動の社会的な側面はどのようなのか、経済制度は人間行動に基づいてどうなるのか、政治制度は人間行動に基づいてどのようなのかということです。この 2 つの研究担当課がお互いを補完してまして、行動・認知科学課は個人としての、社会・経済科学課は集団としての、人間の振る舞いを広く見えています。

お気づきいただきたいのですが、経済学、政治学、言語学といった 1 つずつの学問分野が確立されているものもあるのですが、少なくとも半分は複数の学問にまたがった学際的な内容になっています。例えば意志決定・リスク管理科学や方法論・測定・統計学、あるいはイノベーション・組織変革、これらは学際的なものです。これが特徴です。分野が確立されたものと学際的なものとが混ざっています。

これら 2 つが研究担当課ですが、第 3 の課は同じような意味での研究担当課ではありません。サイエンス・リソース・スタティスティクス、科学資源統計課です。連邦政府の中でも科学技術に関連する統計を担当している機関です。

2 年に 1 度、「サイエンス・アンド・エンジニアリング・インディケーター（科学・工学指標）」を発行しているのです。これは政府が発刊しているのですが、作成をしているのは科学資源統計課です。2 冊の大きな文書なのですが、昔であればスーツケースに何冊も背負ってこなければいけなかったのですが、今ではこんな CD になりまして、よろしければお渡しすることができます。

これが統計を担当する機関でして、様々な科学技術活動に関する情報を集めています。

この統計担当課の中には 4 つのプログラムがあります。まず研究開発統計プログラム、次が、人的資源統計プログラム、そして科学・工学指標プログラム、この 3 つ目のプログラムが今申し上げた分厚い 2 冊物の 2 年に 1 回発行する指標をまとめています、そして、最後に情報技術サービスプログラムです。

様々な情報パッケージや何らかのワーキングレポートなど、こういったものは定期的に発行されております。職員数も、3 つの課の中でこの統計担当課が一番大勢おります。

社会・経済・行動科学局の中には、以上の 3 課がありまして、これらをもとに、マーバーガー博士の課題に取り組もうとしています。つまり、全く新しい指標を科学技術統計課から提案したいのです。例えば、政策立案者が、物理学にいくら投資をしなければいけないか決める際に、もっと内容が豊富で情報を与えることのできる指標を作りたいのです。それをいかに行うか、これ

が研究課題です。このため、私たちの能力、専門知識を科学者、経済学者、心理学者から集め、使っていきたいと思うのです。この試みも少し紹介していきます。

(スライド4)

今のところ、このような課題に私たちがどう取り組んでいるか、特に科学技術への投資に関する課題を考える際に、どうしているか。これを企業や国について考えてみましょう。

企業について考えてみれば、例えば、企業にはプロダクト・イノベーションが必要ですが、プロダクト・イノベーションが起きているかは、イノベティブな商品がタイムリーな形で生産されているか、イノベティブなデザインが取り入れられているか、さらに、企業が特許を取得し、その特許が引用されているかで判断されます。

そして、こういうファクターに基づいて、その企業は将来成功するかどうか、ある程度予測できます。収益が伸びるだろうか、生産性はどうなるだろうか、マーケットでリーダー的地位を占めるかどうか。こういう予想を立てた上で、これらのファクターに基づいて、ある企業がそのマーケットで成功するかしないか予測するのです。

一方、国について考えてみれば、例えば、実際に科学者、技術者として働いている人たちの数を比較したり、あるいは科学や工学の学位を取得して大学を卒業した人たちの数を比較したりして、それらのファクターを基に、例えば、その国における生活水準や一般的な福利厚生観点から、その国がうまく行きそうな方法を予測します。

これらが、現在ある指標で、メディアもこのような側面を見えています。ある国が科学技術の分野で成功するか、ある企業が科学技術の分野で成功するか、評価する際に使われているのです。

(スライド5)

既存のモデルを見てみますと、いわば静的な傾向があります。つまりある性質とある性質との間の相互関係が固定してしまっているのです。Aという特性があるのであればBという特性もあるであろうと、固定してしまっているのです。ところが、変動とか、将来の変化についてはあまり使うことができない、動的ではないのです。それから一方向的な傾向があります。つまりフィードバック・メカニズムがないのです。

伝統的な方法とは反対に、将来、新しい可能性を導くかもしれない方法を考えてみます。ここ数年行われている興味深い研究に、ディペンデンシー・レシオ、依存率の研究があります。現役の労働力人口とそれに依存している人口との比率です。どのような国でも、年少者は生産年齢に達していないのですから、現役世代の人たちに依存しております。一方で退職した人たちも現役世代の人たちに依存することになります。現役の労働力人口と、依存している人口との人口比をみています。

その中でも欧州で過去一世代の間に、最も成功を収めた国があるのです。アイルランドです。アイルランドは大幅な経済発展を達成することができた国なのです。欧州の中での優等生がアイルランドなのです。アイルランドでは1960年代の終わりから70年代の初めに、人口制限政策によって大きな変革が起こったのです。

その結果、劇的に依存率が変わったのです。かつて依存率は、依存している人が10人いた場合に、それを支えている労働者が14人だったのです。10対14だったのです。それが四半世紀後どう変わったか、10対22に変わったのです。大きな変動が起こったのです。つまり労働力人口と依存している人口との比率が変わったのです。

同じようなことが中国でも起こりました。あちらでも1960年代後半に人口制限政策が行われまして、依存率が変わりました。そして中国はもちろん大規模な経済成長が続いております。

インドは、出生率の変動のスピードは少し遅いのです。どういうふうに見えるかと言いますと、中国が依存率では一番大きな変動を起こしているのですが、インドはまだそこまでっていない段階です。つまりインドはまだもう少し頑張る必要があるかもしれないのですが、中国は、今は労働力人口と依存している人口との比率がベストの状況にあるのかもしれません。

この依存率ですけれども、これは企業や国が科学技術で成功できるかどうかを測定する際に、既存のモデルと比較すると、大変、動的で使いやすいのです。今までと異なった種類の考え方です。

【質問者】 アイルランドですけれども、労働力人口が拡大しているということは、成人の労働

力人口が拡大しているのですか、あるいは子どもが減ったのでしょうか。働く成人が増えたのか、子どもが減ったのか。

【ライトフット博士】 いや、働いている人たちの人数を見ているのではないのです。そういう方法ではなくて相関関係なのです。働いている人たちと、働いていない人たちとの相関関係だけなのです。

【質問者】 では「誰が働いている」ということを見ているわけではないのですね。

【ライトフット博士】 そうなのです。誰が働いているかということは見えていないのです。この依存率に関する研究で興味深い点は、新しい種類の計量方法であるという点です。かなり有望な結果を得ることができるのです。これを使うと経済的な効果を予測する能力が高くなって、予測しやすくなるのです。それが言いたかったのです。

つまり昔ながらの計量方法は科学にとって中立的なのです。例えば、科学とか化学、考古学、社会学、生物学において、生産性を評価するための計量方法があるかもしれません。その多くのはピブリオメトリックス（計量書誌学）と呼ばれているものです。これは研究のアウトプットを、論文とか文献の引用件数に基づいて測定しているわけです。これらの方法はある程度成功しているのですが、ただ、それらは科学に対して全く中立的なのです。例えば化学においても、経済学においても、全く同じ見方をしてしまっているのです。しかし、それぞれの科学分野で異なるカルチャーがあるはずで、それを理解しなければ、このような計量書誌学的な比較はきちんとはできないはずです。

もう1つ、伝統的なモデルの問題なのですが、そこで使われているデータには時間的遅れがあるのです。時間差が大きすぎます。例えばこの指標、先ほどご紹介したこの指標ですが、これは2006年2月のデータとされているのですが、もとの生データは2003年のものですので、この「科学・工学指標」をせっかく2年に1度発表したとしても、3年も前のデータがベースになっているのです。

そして、むしろ狭いと言いましょ、インプットとアウトプットの相関関係は見ているのですが、間接的な相関関係を見ておりません。例えば、ある経済的なファクターと一般的な生活水準や、ある国の厚生水準との間の間接的な関係をあまり見ることができません。

それから手法も、もはや古いのです。旧式化していると言うのは極端かもしれませんが、古すぎるのです。そこで、新しいデータ抽出ツールをこの領域で用いることができないか考えています。NSFではサイバー・インフラと言っておりまして、これは全く新しい計算機能のことですが、これに大規模な投資を行っております。この投資によりまして、この領域で「科学政策のための科学」を研究している人にとっても、とても役に立つ新しいツールができるかと思ひますし、そうなれば新しいデータを使うことができると思ひます。

（2）Science of Science Policy の取組みについて

マーバーガー博士の提起した課題

ここまでの背景でした。

このなかの第1のステップが、先ほどから取り上げられておりますマーバーガー博士のAAASでの、だいたい1年4か月前、昨年4月の講演でした。

（スライド6）

マーバーガー博士いわく、「科学政策のための社会科学が新しく必要であり、この新しい学問分野は生まれたばかりだけれども、これから急速に成長し拡大していく必要がある。以前にも増して、一段と複雑で変化が多い今日のグローバルな技術をベースとした社会を理解する基盤として必要な分野である。NSFだけでなく、国内、海外の政策立案者が協力して、この新しい分野を育成する必要がある。」と。

マーバーガー博士は、定量的科学政策学と呼んでいます。もちろん定量だけではなく、定量・定性両方必要だということは、後で話になっていきますが、マーバーガー博士は、ここで定量的なものが必要であると強調しました。

（スライド7）

この「科学政策のための科学」という新しい分野の中で、一番重要な問題は予測可能性です。

人の振る舞いを、ある領域の中で予測したいのです。これが根本的に重要なのです。この試みを始めていくうえでは、理解したということと予測可能性を分けて理解する必要があります。何かを理解したからといって、予測ができるとは限らないのです。例えば十分に理解していなかったとしても予測ができることさえあるのです。理解したから予測ができるということにはならないのです。理解したということと、予測可能性との間には、直接の相関関係はないのです。

マーバーガー博士が、今年の春、アトランタで講演した際に使った例があります。ミツバチは分解すれば原子からできている、ということは、ハチを理解したということである。しかし、ハチは小さくしていけば原子であることは分かるが、このミツバチが蜂の巣を出たらどちらに飛んでいくか、これは分からない。だからミツバチのことが全部分かっているとは言えないのです。

ただしマーバーガー博士は物理の専門で、私は言語学者です。そして、私たちは言語に興味を持っていて、どちらかといえば人間の言葉を研究しているのですけれども、もちろん人間以外の言葉もあるかもしれませんが、実はハチのコミュニケーションも研究していて分かるのです。ミツバチはとても頭がいいのです。あるコミュニケーションシステムをハチは持っているのです。そのコミュニケーション能力を使って、位置や距離を測ってミツバチは蜜の場所を見つけることができるのです。あっちに蜜があるぞと、そしてビビビと震わせて測ると、距離が分かるのだそうです。

こういうミツバチの振る舞い、ここまで私たちは分かっているのです。この理解に基づいて、では多分、あっちに行くかなと予測ができるのです。つまり距離を測っていて、蜜はあっちだという振る舞いを示しているハチを見れば、向こうに飛んでいくだろうという予測をすることができるのです。

今、ここで私達が何をしているかというと、今度は人の振る舞いの予測をしたいということです。多くの点で、人間の行動は予測できないのです。そもそも人間の意志は自由ですから、これに関しては、もはや原則として予測は不可能なのです。人はある決定を自由にするわけですから、予測の原則なんかあり得ません。ですけれども、それでもある程度、人の振る舞いについて予測はできるのです。

例えば、少なくとも 15 歳以上の人がいたとします。そして日本語が母国語であったとします。そうするといろいろな予測をしてみるのです。これから 5 年、10 年、15 年後のこの人の言語能力はどうなるか。何をしゃべるかということは予測できないけれども、ある程度、言語と振る舞いについて予測はできるかもしれません。「科学政策のための科学」という分野を考えていく中で、予測可能性を高めたいのです。

(スライド 8)

引き続きマーバーガー博士の話です。つまりマーバーガー博士が大変重要な役割を果たしたので、彼のコメントが続くのですが、昨年の秋、彼は別の会議で優先順位を述べています。データ収集の総合的な方法が必要であると。これこそ先ほどご紹介した科学資源統計課が取り組まなければいけないことです。新しい測定方法が必要ですし、もっと大規模なデータ収集ができなければいけない。新しいモデル、新しいフレームワークが必要なのです。こういう知識を持たなければいけない。そしてこのような知識を身に付けていくにつれて、研究者がこのような知識を理解していくにつれて、新しい省庁間のコラボレーションが必要になってきます。この「科学政策のための科学」の研究に取り組んでいくには、さらに省庁間の連携が必要であり、かつ国際的なパートナーシップを拡大する必要がありますが、その理由はまた後で述べます。

SBE の目標

(スライド 9)

そこで私どもが SBE の中で考えた目標です。確かに大規模な金額を投資しています。この構想をすでに立ち上げまして、新規の投資もされております。2007 年度の予算でも 1,000 万ドルほどこの構想に投資します。2008 年度にもさらに投資をしていきます。NSF の基準からみても大規模な投資です。

そこで目標ですが、「科学とイノベーション政策のための新しい科学」の基盤を作るために、有用性の高い知識や理論を開発するのです。そしてそれはデータ指向型にしていきます。つまり、現在あるデータセットや分析ツールを拡大し、強化しなければいけません。さらに連邦政府内の

省庁間のコーディネーションを強化していきます。これによって、文字通りこれらの課題に取り組んでいくために共通の動きが取れるようになります。また、私たちは略して「STEM【ステム】」と言っているのですが、Science, Technology, Engineering and Mathematics（科学・技術・工学・数学）系人材の「科学とイノベーション政策のための新しい科学」への幅広い参画を目指します。

ワークショップ

（スライド10）

これらの目標に向かって、私たちは、今年の夏にいくつかのワークショップを立ち上げました。このワークショップを運営しているのはSBEの各課です。

全てのワークショップがイノベーションに関わっています。

行動・認知科学課が開催したワークショップでは、個人レベルでイノベーションに到達する条件は何か、という個人の振る舞いを取り上げました。科学者や技術者がひらめいたときにどうなるのか、これは個人の心理学の問題です。どういう条件の下で科学的な発見が起こりうるのか、起こる可能性が高くなるのか、また、どういう環境だと発見の確率が低くなるのかを見ているのです。

次に、科学資源統計課のワークショップでは、イノベーションをどうすれば測定できるか、イノベーションの測定を主に取り上げました。

そして3つ目は社会・経済科学課が集団としての特質と特性を取り上げております。イノベティブな研究室、イノベティブな会社の特徴は何か。どういう組織のリズムがあるのか。時間が経過するとイノベーションが高まっていく組織、あるいは低くなってしまいう組織はどういう特質を持っているのか。こういうワークショップを立ち上げて、アジェンダを決めました。

（スライド11）

最初は、行動・認知の分野です。学術的なベースとして個々人のイノベーションや発見を見えています。認知科学者、社会心理学者、技術者が集まりまして、科学技術に関する心理学的な側面を見ていきました。そのなかで最前線のコラボレーティブな研究に取り組んでいくことにしました。例えば記憶と類推のメカニズムを調べたいと。例えばどういう類推的な考え方によってクリエイティビティが発揮されるのか見ているのです。クリエイティビティは早期の段階で生まれてくるのですが、それはどのように起こるのか。どのような早期の段階の研究が頭の中に記憶され、その後の発展につながっていくのかを研究しています。

また、クリエイティビティの計算モデルも見えております。個人とチームが相乗効果を発揮したうえで、いかにして成果を高めることができるのか、そのモデルを考えていきます。よりイノベティブなチームを作るにはどのような方法があるのか。あるいはイノベーションとクリエイティビティを扱うには、どういうマネジメントやリーダーシップが必要なのか。学問分野における様々なカルチャーが、社会に変革をもたらす研究に対してどのように影響を与えるのか。

社会に変革をもたらす研究の多くは、学際的な、あるいは新しいつながりが形成されたときに生まれてきます。そういう学際的な動きはどうやって生まれるのか。こういう発見に至るものは、まずは個別の学問分野で起こって、そしてあっちとこっちがいきなり新しい結びつきを起こすと、新しい学際的な分野が生まれるのです。第1のワークショップはこのような内容でした。

（スライド12、13）

第2のワークショップは「科学政策のための科学」における社会制度を扱いました。社会学、科学技術、倫理学、科学史の専門家が一緒に、研究課題を考えました。

その中には、ナショナル・イノベーション・システムとの相関関係を理解することが入っていました。例えば知的・社会的、あるいは物理的な組織があることが、どのようにクリエイティビティとイノベーションにつながるのか。あるいは科学的な知識やノウハウがあることによって政策決定や意志決定にどういう影響が及ぶのか。あるいは経済・政治・社会関係におけるグローバルな変化が、科学技術の生産と利用にどのような影響を及ぼすか、などを研究したのです。

多くのものはケース・スタディ・ベースになります。何が過去に起こったのか、ある特定の文脈でのケース・スタディを主に見ております。多くの国々では、抜本的な政治的变化が1990年

ごろに起こったのです。ですから多くの研究対象がありました。例えば今ではいくつかの共和国に分かれましたが、旧ソ連邦がよい研究対象となりました。あるいは東ドイツ、ハンガリー、南アフリカ、アルゼンチンなど、政治的に大きな変革が起こった国です。そのような国では、科学制度はどういう役割を果たしたのか。多くの変化が起こりました。多くのことを科学政策に関して学ぶことができるのです。例えば15年ほど前に、世界的に大きな変化が起こった国を勉強すると、多くのことを学ぶことができるのです。また、科学技術が変動を起こすと、それが逆にグローバル化や、各国の福利厚生にどう影響を及ぼすかを見ることがもできます。

同じワークショップでは、知識の創出とイノベーションを様々な尺度で理解することも目標としました。グループ、あるいは組織を見たのです。小さなグループであるとか、あるいは中規模な組織であるとか、スケールアップしてグローバルなネットワークも見ています。あるいは倫理、社会的な価値観が科学技術を生み出す際にどう影響を及ぼすのか研究しましたし、新しい計算ツールを開発し活用して、大規模なテクスチャルなデータをマイニングすることができるかどうか。パターン、あるいはダイナミクスの視覚化が出来れば、科学技術の理解が高まるかどうか。こういうことを見ました。

また人材を育成するための新しい戦略、組織を作ると、科学技術の発展にどのような影響を与えるかを考えたのです。社会経済科学者が社会組織あるいは集団の現象として科学を見てみました。

(スライド14、15)

第3のワークショップは科学資源統計課が開催したのですが、イノベーション測定の手法を発展させるというテーマを取り上げました。よりよい研究の中身や投資、またこの投資からよりよい成果を求めるにはどうすればよいのか、ということを検討しています。

収集したデータにギャップがあることを認識した場合には、分析のためのフレームワークを改良することも検討しています。私たちが知る必要があるものは何か、科学の発展をよりよく理解するために、どのような種類のデータを収集すべきなのか、といったことを検討しています。

また、新しい科学技術の分野が生まれてきていることを踏まえ、私たちはどうすれば、科学技術の分野における分類学を改善することができるのかも課題です。従来の学問分野としては、経済学・化学・生物学などがありますが、新しい分野も生まれてきています。ここ数年ほど、新しいデータ・マイニングの手法を使って科学のマッピングを行うという、大変興味深い研究が行われています。論文を見てどういった研究内容が引用されているのか、誰が誰の論文を引用しているのかということを見て、どういったクラスターが生まれてきているのかが分かるのです。

例えばこれは最近のものではありませんけれども、40・50年前の、誰でも思いつくような例ですが、新しい生化学の分野が生まれました。それ以前は生物学、そして化学というのは別の分野でしたけれども、1950年代、60年代に生化学という分野が生まれたのです。DNAの発見によって新たな研究課題が生まれたからです。そして新しい科学のクラスターが生まれました。新しいデータ抽出手法を使ってそのようなマッピングをすることができるのです。大変興味深い研究が行われています。生産性の高い点もあれば、まだ問題のある点もありますが、この手法も今後数年間で、より改善されていくと思います。やはり注目されるテーマの一つです。

ナショナル・イノベーション・システムにおける知識や投資の流れのマッピングも行います。また、人的資源についても見ていきます。大学教授はどのような人々なのか、大学院生はどのような人々なのか、ポスドクの学生たちはどのような人々なのか、留学生としてやってくるポスドクの学生はどのようなタイプの人々なのか。そして、ある国で科学の発展に貢献しているのはどのような人々で、どのようなコラボレーションが行われているのか、といったことです。

これらはすべて、科学が特定の分野でどのように発展しているのかを理解するために重要なことです。新しい計算の能力を使って、新たなデータ・マイニングの手法を発見することにもつながります。測定の分野ではこういったテーマを追求しています。

さらに、国際的にデータの比較可能性を高めることも希望しています。アメリカでもデータ収集を行っていますし、日本でもデータが収集されています。そういったデータを比較することができれば、なおさらよいでしょう。そのためには比較可能なデータでなければなりません。国際的な研究を行うのが必要な分野と言えるでしょう。

そのためには調査のあり方や、データサンプルのフレーム、データのリンク付けの方法やデー

タのスケールあるいは集積可能性を変えていかなければいけないかもしれません。

研究開発のグローバル化のマッピングも必要でしょう。連邦機関との協力も必要だと思います。研究開発、そしてイノベーションのメトリックスについては、他の省庁機関と協力することも必要だと思います。これは後ほどまた触れたいと思います。

国際機関との協力も必要だと思います。OECD、ユネスコ、カナダ統計庁、科学技術政策研究所などと協力をし、データが国際的に比較可能であるようにしていく必要があると思います。特に労働力、移動性のデータについて比較可能性を高める必要があると思います。新しい計算設備を利用すれば、新たな形でデータ抽出やデータ解析方法も可能になると思います。

省庁間のタスクグループについて

(スライド 16)

そのために省庁間のタスクグループを設置しています。アメリカ政府内でこういった問題に関心を持っているところが幾つかあります。エネルギー省もそうですし、商務省、労働省、国勢調査局、NIH も関心を持っています。こういった約 20 の省庁機関が横断的に参加してできた連邦政府内のタスクグループが、連邦政府レベル、あるいは国際的なレベルで、「科学そしてイノベーション政策のための科学」について検討しています。多くの省庁が参加していますけれども、新たな指標を作るために必要なデータやツールを洗い出していきます。

当初は、現在何が起きている、今後、何が起こるかということを、省庁横断的に調査します。私たちが現在有しているデータコレクションを改善し、省庁間で調整し、協力していきながらデータが収集できるようにするために、ロードマップを開発するという観点からです。これはアメリカの連邦政府レベルでの取り組みです。

同じようなことを国際レベルでも行いたいと考えています。OECD はすでに関心を示していました、ヘルシンキで 1、2 か月ほど前に開催されたワークショップは、まさにこのトピックを取り上げるものでした。こういった作業が日本やアメリカ、ヨーロッパで行われているのかを知るためのワークショップで、調和、協力をするための最初のステップといえます。こういった目標を掲げております。

個々の研究者が主導していく研究

(スライド 17)

NSF では、様々な異なったタイプの研究に対してファンディングをしています、その主な研究は個々の研究者が主導していくタイプのもです。「科学政策のための科学」に関して新たなプログラムを策定することを意図しているのではありません。既存の SBE の様々なプログラムを使っていきたくと思っています。科学や経済学、社会科学、人類学、心理学のプログラムなど、様々なプログラムの中で行うべきタイプの研究だからです。従って既存のプログラムを使っていきたくと思っています。

そして今後数ヶ月内に、様々なトピックで研究の参加を募りたいと思います。理論モデル、概念モデル、科学的発見のために心理学、組織学、イノベーション研究、エージェントベースのモデル、ネットワークモデルの開発、統計的なツール、計量経済的なツールなどの研究を行いたいと考えています。こういったツールについては、科学技術の投資収益を推定するためのものです。

また分野ごとの科学計量学についても検討していきます。例えば化学、あるいは生物学など特定の分野の科学計量学、その文化に見合った計量学はどういったものかも検討したいと考えています。また、官民の研究開発の投資の比較も検討していきます。

(スライド 18)

他に個人研究者が行う研究の例として、定性的な手法によるものがあります。ケース・スタディを行いたいと考えています。例えば 1990 年代初頭のハンガリーにおいて、政治体制の変化によって、どのように科学政策も変わったのかというケース・スタディを行いたいと思っています。また、民族誌学的な研究、例えばアイルランドで扶養率が変わったときに、どのように変化があったのか、科学がアイルランドにおいてそれを受けてどのように変わったのか。また、新しい種類の計量書誌学のツールについても開発していきたいと考えています。

また様々なレベル、認知レベル、組織レベル、文化レベル、地域レベル、国レベル、国際レベ

ルでの分析や、学際的、国際的な協力を追求していきたいと考えています。

学際的ということですが、主に社会科学、行動科学を専門とする人間科学の専門家が、- 私たち皆、人間科学の専門家ですが - 化学者や生物学者と特定の科学分野について協力をして取り組んでいきたいと考えています。その意味で学際的です。

また、世界各国で異なったモデルが使われていますので、国際的な協力も必要でしょう。アメリカの研究者と日本の研究者が協力をする。そして比較検討を行う。日本ではどのような状況にあるのか、アメリカではどのような状況にあるのか、研究を行うことも必要だと思います。

サイバー・インフラ

(スライド 19)

NSF が大きな投資を行う分野があります。サイバー・インフラです。NSF では新しいスーパーコンピュータを導入して、新しいデータシステムやデータ分析などを開発するために投資を行っています。「科学政策のための科学」を発展させるために必要ないくつかの要素がこの中には含まれています。主として、これまでに触れてきましたが、新しいデータ抽出の手法なのです。新しいサイバー・インフラを使って、データ抽出手法としても新しいものを開発していきます。

2 点目が、コラボラトリーと呼んでいるものです。バーチャルな研究機関で、学問分野の壁を越えて、また地理的な境界を越えて存在するものです。社会科学、行動科学の専門家がこのコラボラトリーを使って、化学や物理学、生物学の研究者と共同研究を行うことが可能です。例えばナノテクノロジーの分野でイノベーションのマッピングを行うことができるでしょう。また、ワークショップを行ったり、研究成果を普及させていくことも、このバーチャルな研究所を使ってできるでしょう。

以前であれば、例えばワシントン大学にセンターを設立していたでしょう。そして例えば、化学の分野における「科学政策のための科学」を研究する、そのためのセンターを設立していたでしょうが、今はもっと生産的に、サイバー・インフラを使ってこれを行うことができます。コラボラトリーというメカニズムを使えば、それが可能です。このようなメカニズムを使って、今までとは違った形で分野を超えて、地理的な違いを超えて協力をし、共通の課題に取り組むことが可能です。

新しいデータ抽出手法の研究と、仮想研究所であるコラボラトリー、これら 2 つの領域に NSF のオフィス・オブ・サイバー・インフラで取り組んでいきます。

(スライド 20)

その目標の一つは、コミュニティを作ることです。「科学政策のための科学」という分野に注目している科学者のコミュニティを作ることが必要でしょう。お互いにコメントをし合う、批評をし合うことも必要です。例えばサマー・インスティテュートなどを随時開催したいと考えています。ワークショップも行いたいと思っています。教育・トレーニングのプログラムも開催したいと考えています。科学技術人材のなかから広く参加を募りたいと思います。

(スライド 21)

国際的な研究も推進したいと考えています。国際的な協業を促し、国際的なデータのリンクを確立し拡大していきたいと思っています。また、様々なモデルの比較も行いたいと思っています。国際的な資金拠出機関とパートナーを組んで、行っていきたいと思っています。

また、発展途上国の研究者とも提携したい。特に発展途上国に当てはまる特定の課題については、パートナーを組んでいきたいと考えています。どのような形であれ、どんな政府でも、科学プログラムを持っている国であれば、関心があるはずだと思います。投資の規模は問題ではありません。科学プログラムというものを掲げている政府はどんな政府でも、ということは、世界中のほとんどすべての国ということになりますけれども、この分野の投資に関心を持っているでしょう。ということで途上国とのパートナーシップも考えています。

また OECD の科学技術政策委員会、こちらはアクショングループ、資金を拠出するということではありませんけれども、議論のための場を提供することが可能でしょう。例えばヘルシンキでの夏のワークショップもそうです。多くの国から参加者が集まりました。おかげで、各国でこういった研究がこのテーマについて行われているのかを比較しあう、という最初の一步を踏み出すこ

とができたところです。そのような議論の場を、OECD は提供することができるでしょう。

今後について

(スライド 22～24)

今後についてですけれども、新たな調査を行いたい、新たなデータ、指標、ベンチマークを獲得したいと考えています。新しい手法やモデル、ツールも得たいと考えています。また、より広い意味で科学技術の成果を得たいと考えています。個別研究の具体的な成果、ある特定の活動から生まれてくる直接的な成果もありますけれども、間接的な成果もあると思います。例えば雇用創出や健康・医療、安全保障、福祉にどういった影響があるのかということです。

大学、研究者、研究機関、企業、政策立案者、リーダーなどから幅広い参加を求めたいと考えています。特に、科学技術分野における人的資源の開発、労働力の開発のためのインフラを確立したい。また、フォーラムやワークショップ、サマー・インスティテュートなどの場を設けて、この分野の発展を促したいと思います。そして新しいサイバー・インフラを使って、グローバルなリンクを作りたいと考えています。

結論ですが、我々のリーダー、NSF 長官ベメント氏の言葉を引用したいと思います。「我が国の将来は、ますます、質の高い新しいアイデアや科学技術人材の活力、そして、研究・教育機関が生み出す新しい知識の革新的な活用にかかっている。」と。「科学、イノベーション政策のための科学」の目標はまさにこれであり、よりよく予測できる方法を追求するとともに、政策立案者が、将来、科学のどの分野に投資をするべきか意志決定していくためのツールを提供することです。

(拍手)

3. 質疑応答

【司会】 ライトフット先生、ありがとうございます。

それでは、これからご質問をいただきたいと思います。どうぞ。

【質問者1】 今回の対象範囲について、二つの側面からお聞きしたいと思います。マーバーガー博士が元々提示した課題は、科学政策あるいは基礎研究政策に関するものだったと思うのですが、今回のご講演にはイノベーション政策の科学や、イノベーションの測定も入っていると思うのです。しかし、イノベーションと科学政策はまた別のものだと思います。

イノベーションにはイノベーション政策が必要で、ベンチャーキャピタル政策とか他のものが必要だと思うのです。そこで、イノベーション政策の科学も本当に含めていきたいのが第一の質問です。

二つ目の質問ですが、国防研究で異なるアプローチをとる必要があるのでしょうか。国防と民生、防衛対民生の研究開発には異なるアプローチが必要だとお考えでしょうか。

【ライトフット博士】 まず科学政策、そしてイノベーション政策があります。我々が求めているのは、その科学なのです。科学政策、そしてイノベーション政策「の」科学なのです。言い換えると、学術的・科学的な要素が科学・イノベーション政策にあるのかどうか、系統的な要素がその政策にあるのかどうか。私たちが科学・イノベーションに関する政策を決定する際に、より系統的な要素をもとに行う方法があるのかどうかを考えたいのです。

例えばアメリカでは、国が宇宙研究、天文学に大きな支援を提供しているのです。やはり宇宙というと皆さん、イマジネーションが発揮されて興味が高いのです。間違いなく今のところアメリカでは、特にこの1週間の新聞を覚えてらっしゃるでしょう。冥王星は惑星か否か。その記事ばかりでした。もう記事もいっぱいあるし、例えば南レバノンの戦争の状態、バグダッドのテロと合わせて冥王星が大規模なニュースとして、連日、マスコミをにぎわせました。興味深いですね、これは文化としても興味深い特性だと思います。おそらくその背景には、かなりこの分野に投資をしたことがあると思うのです。

おもちゃですね、天文研究者はおもちゃを使っている。あるいはツールと言い換えましょうか、素晴らしいツールを使うことができるのです。その研究者が例えば NSF に来て、いろいろ事業計画を発表するのです。「新しい望遠鏡が必要です」などと言うのです。すごい考えを持っていて、面白いツールを使っていて、そのなかで宇宙に関する問いかけを考えているのです。それは適切なのでしょうか。

これまで何世代もそうしてきたわけです。歴史的に振り返れば、まあそうだったねと。そうすると天文学者の組織はうまくできているし、予算を取るやり方も彼らはわかっている。他の分野に比べると、天文学者のほうがまとまりが高いかもしれない。そしてお金を取ることに長けているのです。

そういう意志決定をする際に科学的な要素を使いたいのです。どれだけのお金を、天文学なら天文学、宇宙につぎ込むべきなのかを考える際のファクターが欲しいのです。これが目標なのです。これは、取り組む意味がある目標だと思います。だからといって、全て定量的にカバーはできません。ここはマーバーガー博士と私と意見が違うのですけれども、マーバーガー博士のこれまでのコメントと私の立場はちょっと違うのです。

これは経済学の一分野ではないと私は思うのです。単に経済学、あるいは計量経済学ではできない、単に利益率だけでは見ることができないのです。もし経済学でカバーができるということでは、天文学者たちはつぶれているはずですね。もはやお金はないと。それだけお金を投資するほど天文学は利益の生まれる分野ではありません。そういうことを考えているのです。

科学的な基盤を使ったうえで、科学イノベーション政策をこれから構築できるかどうかなのです。学術的な研究成果とイノベーションの結果は違います。でも関係はあります。例えば学術的な成果があった場合には、と言いましょ、科学的な研究もイノベーションなのですね。革新的な考え方という意味ではイノベーションです。ただ、イノベーションだからといって経済的な「ものになる」かどうか、それはわかりません。それは新しいアイデア、別のアイデアとで、それぞれものになるかは違います。

しかしこの動きのなかの一つの要素として、イノベティブな考え方、イノベーションはどこから来るのか。ここでイノベーションと言った場合には非常に広い意味なのです。革新的な新し

いものの考え方はどこから生まれるのか。そこに経済的なメリットが出てくるかどうかは、また別の話です。

2つ目のご質問、国防研究と民生とは区別をしてアプローチをするべきかどうかでした。その質問の一つの側面には、科学の生産性という意味合いが込められていると思うのです。しかし生産性以外の次元もあるのです。それは科学の生産性とは別物であって、国防、国の安全保障との関わりだだと思います。それは全く別の問題だだと思います。

当然のことながら今のアメリカの政治の現実としては、国防とか安全保障も頭においたうえで学術のことは見るわけなのですから、でもやはり別の問題だだと思います。

【質問者2】 まず、マーバーガー大統領補佐官が、ここ数年、政策の科学というものを打ちだした背景、なぜそういうことを必要としたのかということをお教えいただきたいと思います。これから科学技術に対する投資が、よりアメリカも含めて増えていくなかで、投資の効率性であるとか、投資判断の効率性を求めようとする、その方向での必要性として出されたものなのか、今も投資がもう限界になっているから、より効率よくやらなきゃいけないということから、このような取り組みをしているのかをお教えいただきたいと思います。

次に、この8月にもアメリカの商務省で、イノベーションを計量するような委員会が設けられたと聞いておりますけれども、NSFでの取組みと、例えば省庁であるDOCでの取組みというのはどういう関係にあるのか、お教えいただきたいと思います。

【ライトフット博士】 背景についてですが、マーバーガー博士は現政権の中でも勤務歴が最も長い中に入る閣僚で、もう6年ほどになります。これは稀なことです。現政権では稀なほど長く、そのポストに留まっています。科学技術担当の補佐官というポジションを考えても稀なことです。

マーバーガー博士は元々物理学が専門です。一方、ブッシュ政権ですが、科学コミュニティとは様々な意味で緊張関係にある政権です。しかし、マーバーガー博士はそういった緊張関係には関わっていませんでした。科学コミュニティの大変優れた代弁者であると思います。

科学的な価値観に対してブッシュ政権の中で異論を唱える人々もありますが、そういったところには与していないと思います。また、現職に留まることができたということで、様々な新しい課題を提起することができていると思います。以前、この科学技術の補佐官というポストにあった人々ができなかったような形で、様々な課題を提起することができています。

他の国の科学大臣や閣僚職とほとんど同じ職務でありますけれども、アメリカの政権においては、それほどのステータスはない職です。こういった課題を提起するためには安定性が必要ですし、知識も必要です。大変複雑なシステムの知識が必要です。

様々なファンディング・エージェンシーがアメリカにはありまして、科学技術の取組みに対していろいろなところから資金が出ています。NSFもそうですし、NIHはもっと規模の大きな形で資金を出していますし、エネルギー省もあります。様々な政府の省庁機関が資金を拠出しています。それを監督する機関として全体的に見ているのはOSTP(大統領府科学技術政策局)、マーバーガー博士のオフィスのみです。

しかし、ここには予算権限はありません。諮問機関として、全体に対して影響を及ぼす、連邦機関に対して影響を及ぼすというものです。しかし、コントロール能力はありません。教育大臣というような形で、科学分野で予算の決定権限を持っているという閣僚職などはありません。背景事情としてそのことが大変重要ではないかと思います。だからこそ今、このような状況になっているのだと思います。完全にご質問にお答えすることはできません。

懐疑的になっている人もあります。なぜ今、「科学政策のための科学」ということを提起しているのか。科学技術政策の予算を削減するためではないかと疑心暗鬼になっている人もいます。正当性のある投資でなければ、投資が減額されるのではないかと懸念している人もいます。そのように考える理由はないと思いますけれども、そういう懸念を持っている人もいます。

個人的にはそういった考えでマーバーガー博士が、「科学政策のための科学」を打ちだしているとは思いません。もっと真剣な意味合いで、この政策を打ち出していると思います。どんな国であっても科学プログラムがある国にとっては、これは大変真剣な課題だと思います。そしてよりよい答えを求めなければいけないものだと思います。

社会科学、行動科学も、この一世代で変わってきているわけです。あえて言えば他の学問分野よりも大きく変わったでしょう。サイバー・インフラのおかげです。行動科学、社会科学という

のは、非常に調査という手法に依存しています。新しいサイバー・インフラができましたので、新しいタイプの調査が可能になりました。様々なデータ抽出も可能です。そのために新しい解決策を得る可能性が広がっています。「科学政策のための科学」に役に立つような答えを得る可能性が広がっているわけです。だからこそこういった取組みに価値があると思っています。

2つ目のご質問は、NSFと商務省との関係ということでしたでしょうか。どちらも連邦政府機関です。そしていつも調和を持って仕事をしています。

【質問者3】 3点ほど手短かに質問したいのですが、第1点は、新しいインディケーターなりメトリックスが必要だということですが、他方、すでにいろいろな政府機関によって、様々な、科学技術に関するインディケーターとかメトリックスとか計測とかが行われているわけで、そのうちの大部分は利用されないまま終わっているだろうと思われます。

そういう意味でポリシーメーカーなどのほうが、非常に貴重なインディケーターがあるにも関わらず、それを利用する努力を怠っていると、あるいは利用する能力がないといったようなことにも、原因があるのではないかと考えられますが、そういう意味でポリシーメーカーなど、インディケーターのユーザーとのダイアログというのを、もう少しプロモートする必要があるのではないかと思います。その点についていかがでしょうかという点です。

第2点は、マーバーガー博士が最初にこういう問題提起をされたときは、かなりラジカルなことを言われていたように記憶しておりますが、今、伺ったアジェンダというのは、わりに、既存の研究の延長線上にあるようなものが多かったように思います。最初に構想されたような非常に野心的なものから、だんだんフォーカスが現実的なものに移ってきた、というふうに理解しているのだろうかということが第2点です。

第3点はアジェンダに関してです。科学政策というのは社会的ないろいろなインスティテューションのコンテキストの中で実行されていくものですから、他のインスティテューションとの関連がどうなっているかということが、極めて科学政策の結果にも大きな影響を与えたいと思います。

例えばアメリカは、医薬とかバイオテクノロジーの研究で、疑いなく世界で一番優れているわけですが、アメリカ国民の健康が世界で一番優れているかということ、それはちょっとそうでもなさそうだという感じがするわけでありまして。そういう意味では科学政策と、医療・保健とか教育とか、他のいろいろなインスティテューションとの関係を理解するということは、科学政策を理解するうえで極めて重要なことではないかと思いますけれども、その点についてはどのように考えておられるのでしょうか。

【ライトフット博士】 今現在、存在している指標の使用に関して、何と言ったらいいいのかよくわからないのですが、広く使われていることは使われているのです。「科学・工学指標」の出版物を出す場合、一番新しいものは2月に出ましたが、あれは大きなイベントなのです。政府から刊行されまして、議会、国会議事堂でも公聴会が開かれ、『ニューヨークタイムス』『ワシントンポスト』といったマスコミが取材に来て報道します。あるいは『サイエンス』にも記事が出ます。つまり、かなりのイベントなのです。そしてあのインディケーターはすぐに利用されるのです。例えば新聞のエコノミストでも、こういう問題に関心がある人はすぐに使い始めます。

アメリカのエコノミスト、トーマス・フリードマンが『世界は「フラット」である』と言っております。フリードマンは、アメリカにおけるイノベーションと科学の将来を心配しているのです。つまり他の国の競争力が高まっているということを彼は懸念しています。このように、この指標には大きな注目が集まっているのです。

では、指標に対してもっと注目を集めさせることはできるか。できるはずですが、ただ変化が必要だと思うのです。どういう変化かということ、政策を立案していくなかでもっと影響力を発揮できれば、もっともっと注目が集まって、使用が広まると思うのです。そういう意味で指標の改善を図りたいと思います。

目標は、指標を改良することによって、もっと政策立案者も使いやすいようにすることです。しかし同時に、社会行動科学においても興味深い問題であるのです。もちろん、政策立案者のためのツールを作りたいという目標はあるのですが、もっとよい経済学的なモデルを作りたい、もっとよい政治学のモデルを作りたいという目標も併せてあるのです。これらの研究は政策に意味合いを持つものでありますし、もちろん各学問分野との間にも影響が出てきます。

2つ目の点は、マーバーガー博士のほうが一層ラジカルに聞こえた。私のほうはどちらかといえ

ば、そこまでではないと聞こえた、とおっしゃっていました。

かもしれない(笑)。でもかなりラジカルだと思います。特に新しいサイバー・インフラから新しい機会が生まれると思うのです。この、新しい機会があるということ、知的なインプットができるということが重要だと思うのです。新しい計算設備ができるのです。これによって新しいタイプのデータ、新しいタイプの指標を作ることができます。そしてこれらの新しい取り扱い方法が生まれるのです。

サイバー・インフラのスライドがありましたけれども、データ抽出と書いてありました。コラボラトリーという言葉を使いましたけれども、コラボラトリーを使うと社会行動科学者が、ある特定の学術領域、例えばナノテクノロジーなどといった分野で研究をするのです。そうすると新しい可能性が生まれるのです。まだ広範には行われていませんが。

これは革命的なのか。そうだと思います。新しいルートができていると思うのです。しかし同じく強調したいのは、継続性もあるということです。この研究は既存のプログラムから派生させて続けるのです。何も新しい概念的な課題があるわけではないのです。もっといいメカニズムを使って、ナノテクノロジーであるとか何かに投資した結果を評価したいのです。

エコノミスト、社会学者、心理学者がこれまで何十年もやってきた研究で構成されるのです。ですから、新しい技術を使って、学問分野間で新たに提携し、改めてフォーカスを当てるという感じです。

これをラジカルと言うかどうか。それは意見が違ってもいいかもしれません。しかし新しい研究ではあるのです。それによって政策立案者のために新しいツールを作ることができることが期待されています。

3番目におっしゃったこと。一番厳しい質問は最後に言うんですね、日本の方は。ご覧になったところ、アメリカは技術的には発展している国かもしれないが、あなたはそうはおっしゃらなかったけれども、死亡率、例えば乳幼児の死亡率はキューバと同じだと。多くの指標がありまして、アメリカの健康の度合いを見るとリーダーではないということが示されているのです。したがって、相関関係はどうなっているのかという質問をいただきました。

答えは、厳密な相関関係はありません。あらゆる政治的な意志決定がかかっていると思うのです。科学をいかに使っていくのか。あるいは保健・医療制度がどう機能するのかが関わってきます。国防と民生の質問が先ほどありましたけれども、これは別物だと思うのです。学術的に成功するということと別物だと思うのです。

私が勤務しているのはNSFなので、最も革新的で最も新しい学術成果を生みたい。ではそれを、いかに政治家は活用するのか、科学者は常に注目してきました。けれどもどう活用されるのかは別の問題なのです。仮にアメリカが大規模なお金をバイオメディカルに投資したけれども、しかしそれにも関わらずヘルスケアシステムはよくない。ではバイオメディカルへの投資はやめるべきであると、そういうことではないですね。

【質問者4】 私は機会を得ましてヘルシンキの会議に出席しましたが、マーバーガー補佐官のイニシアティブにヨーロッパからの参加者の多くは懐疑的であったと思います。もちろんヨーロッパの参加者も部分的には同意をしていましたが。

そういった状況を踏まえての質問なのですが、まず第1に、すでに少しお聞きしていますけれども、プランについて、どういうプランがあるのか、それをどのように拡大していくのか。特に、他国とのコラボレーション、他のコミュニティとのコラボレーションをどのように進め、拡大されていくのかということです。

2つ目は、アメリカでは議会からはこういった反応があるのでしょうか。また、学会からの反応はどうなのでしょう。NAS(全米科学アカデミー)、それから、例えば経済学会、人類学会といった学会からの反応はどのようなものなのでしょう。

次に小さな具体的な質問なのですが、ワシントン大学のセンターでチャレンジングな試みに取り組むということをおっしゃいましたけれども、何かナショナルセンターを他に設立する計画とか。ワシントン大学で化学についてのセンターとおっしゃったように思ったのですが。

【ライトフット博士】 いえ、あれは仮の話です。もし20年前であれば、そういったセンターをワシントン大学にと、たまたまワシントン大学を引き合いに出したただけなのだと思います。そういったセンターを実際に作るのではなくて、今はもうバーチャルな形でラボを作ることができる

と申し上げたのです。

【質問者4】 では質問は2つです。まず第1に、ヨーロッパでは多くのエコノミストや政策アナリストが、このプログラムに懐疑的でした。それについてどうお考えでしょうか。

それから2つ目は、アメリカ国内での議会、学会からはこういった反応がこのイニシアティブに対してあったのでしょうか。

【ライトフット博士】 ヨーロッパ人は懐疑的？

【質問者4】 私はそう思ったのです。

【ライトフット博士】 元々、ヨーロッパ人というのは懐疑的ですよ(笑)。まあ、懐疑的であって当然だと思います。野心的なプログラムですから。ラジカルかどうかはわかりませんが、少なくとも野心的だと思います。目標は最初に申し上げましたように、人間の行動を予測するという事なのです。そして、人間の行動を予測するという事には限界もあるということをお忘れではありません。

しかし、人間の行動の重要な部分で予測できるものもある。マーバーガー博士の課題を受け入れてプログラムを実行していくことができる、そしてマーバーガー博士が提起している質問に答えを出すことができると思うのです。それが私の仕事です。私はNSFで仕事をしています。直接、大統領に対して助言を行うわけではありません。私の仕事はマーバーガー博士が設定した課題を取り上げていくということです。社会科学、行動科学の分野でその課題に取り組んで、目標に向かって前進していく、というのが私の仕事です。それによって科学を進展させ、私たちの仕事の経済面、心理面での改善を目指す、そして政策立案者のためのツールも提供したいということです。

成功するかどうか。最善を尽くすしかありません。

他の組織からの支持があるかどうかですが、NAS というのは資金を提供する機関ではありません。大統領にではなく、議会に対して、科学問題について助言する機関です。様々な分野のワーキンググループを作り、専門家を呼び出して、その意見を聞きます。従って NAS から声がかかったときには出席をするわけです。高名な科学者もそうです。そして貢献をするわけです。

例えば質問としては、「科学政策のための科学」を追究するべきかどうかということも提起されるかもしれませんが、NAS としてはそういった疑問を呈するのは当然のことでしょう。ただ、もちろんそういった質問はしません。私たちは別に NAS がそのようなワーキンググループを設置するまで待っていません。もうすでに私たちのほうでは走り始めています。しかし、興味深い議論をNASとも様々な形で行っていますし、NASがこれからも一定の役割を果たしていくと思います。つまり議会に対して助言を行うという形での役割です。

議会が支持しているのかどうか、それを試すのが予算策定のプロセスです。NSF が予算の提案を政府に対して行い、政権内で様々な交渉が行われます。そして大統領が予算を決定する。2007年度の予算は今年2月に発表されました。その予算教書を受けて議会で検討されます。そしてNSFの計画の中には、新たに680万ドル、「科学政策のための科学」に投じるという提案がありました。それに対して議会では「承認をする」というコメントしか聞かれていません。まだ、もちろん確定したわけではありませんけれども、議会が承認をするのはほぼ確実だと思います。

国際的な協力についてのご質問もありました。様々なレベルでの国際的な協力があると思います。NSF で検討していくものの一つとして、これに関連した活動に資金を提供していくなかで、学際的な、そして国際的なコネクション、例えば国によって違うモデルがあるのであれば、それを比較調査する。そしてそういった仕事をサポートしたいと、そういった研究をサポートしたいと思っています。

ワークショップもサポートします。ワークショップの提案が出て、日本とアメリカの科学政策を比較・検討するというような提案があったとしましょう。そういったタイプの活動であれば、もちろんNSFとしては資金面でサポートしていきたいと思います。また他の国々の資金提供機関、例えばJSPS(日本学術振興会)、あるいはドイツや中国のNSFに相当するような機関とも組織的なレベルで提携を結んで、コラボレーティブな研究に資金提供することができるでしょう。

OECD レベルで、国際的な協力もできると思います。すでにある意味では OECD レベルで国際的な協力も行っています。例えば、計量学、メトリックスについては NESTI (科学技術指標専門家会合) などの、OECD のいくつかのグループですでに作業が始まっており、さらに拡大していくと思います。OECD 自体がこの分野の研究に資金を提供するわけではありませんが、OECD というのは、

多くの人が集まることのできる中心的な場になると思います。

いくつご質問があったか忘れてしまったのですが、社会からのサポートがあるのか、経済学や心理学などの学会からサポートがあるのかどうかというご質問があったと思います。学会として、例えば経済学あるいは心理学といった研究の分野でのサポートを求めているわけで、それになうという意味では学会のほうでも、我々のプログラムをサポートしています。

ただ、そうである必要は別にはないと思うのです。これはくだらない仕事だ、やらなくてもいいと思う人もあるかもしれませんが、今のところ、そういった意見は出ていません。

【質問者5】 マップということで、データ・マイニング、データ抽出を改善したいとおっしゃっていました。クラスターであるとか。

【ライトフット博士】 マップ・オブ・サイエンスとか。

【質問者5】 なにか一例のようなものはあるでしょうか。あるいはどこを見ればよいでしょうか。

【ライトフット博士】 ヘルシンキの会議にいらしていればご覧になれたわけですが、特に私が念頭に置いていたのは、インディアナ大学のケティ・ボナー先生の研究です。ヘルシンキの会議で彼女が発表したのです。他にも研究している方はいますけれども、この研究はマーバーガー博士が、昨年5月だったでしょうか、ヘルシンキとかアトランタで行ったプレゼンテーションを踏まえて行われている研究です。

確かに大胆で革新的と言っていいかもしれませんが、ただその概念としては、現在の技術をもとに、計算技術を使うと、出版物との間に相関関係のマッピングができるであろうと。それを大規模にマッピングすることができれば、いわば論文のクラスターを見いだすことができるであろうと。

ボナー先生が出したマップには、とても面白いものがあるのです。いろいろ疑問はあるかと思いますが、これはまだ始まったばかりのものですから、まだまだ改善の余地はあります。けれども、これは可能な研究だと思います。その研究のことを私は念頭に置いていたのです。

【質問者6】 マーバーガー博士が去年ぐらいからいろいろなところでお話しされているので、このことは日本でも、非常に皆、注目してしまっていて、私ども科学技術政策研究所も今年から、「科学政策のための科学」の新しいプロジェクト、特にイノベーションに関する測定のプロジェクトを始めているのですが、私どものような政府の研究機関がそういうことをやりますと、わりとすぐに具体的な成果を求められるようなところがあるのです。

それで質問したいのですが、NSF のプロジェクトはどういう性格のものなのでしょうか。つまりこの分野の研究がいろいろ盛んになればいいというような性格のものなのか、それとももう少し何か具体的な成果が得られるようなものであるか、そういうことを是非教えていただきたいと思います。

【ライトフット博士】 いい質問でした。

確かに目標の一部は、研究を刺激することです。社会行動科学を支援したいと思っています。これは「科学政策のための科学」という問題を考えることで、この分野を支援する一つの機会になると思うのです。

例えば経済学も支援したいと思っていますけれども、少し支援する部分を変えていきたいという気持ちはあります。

一方で、きちんとした成果物を出したいとも思っています。そこで私達が考えているのが、2010年の「科学・工学指標」を再検討するということです。2006年の指標が先ほど言いましたように2月に出版して、2008年の指標が1年半後に出ると思うのですが、現在の取組みは2008年指標には遅すぎるのです。今の仕組みではとにかくデータが古い。その指標の形を変えるのは2008年には間に合わない。したがって、2010年に公表する指標を目指して新しい指標を作っておきたいと思っています。それは具体的な成果物になると思います。

でもそれだけではありません。何でもオープンマインドで、何でも可能であると考えたうえで、どういう可能性が出てくるか、掘んでいきたいと思っています。

データ抽出やサイエンス・マッピングの研究をすることで、新しい指標の開発の可能性につながると思います。誰でも、新しい学際的な分野にはどんなものがあるのか知りたいと思います。

例えば革新的な研究の多くのものが、新しいつながりを発見して出てくると思うのです。これは何世紀にもわたる、科学の発展と進歩の一般的な特性だと思うのです。だから学際研究が重要なのです。

場合によっては名前を付けてあげることが必要なのです。例えば、15年、20年前に認知科学という言葉を使い始めましたが、当時はそういう言葉はついていなかったかもしれません。40年前にはそういう名称はなかったと思いますし、あるいは広くは使われていなかった。概念として、認知に関する科学というものが生まれたのが1980年ごろだったのではないのでしょうか。

その追跡をしたいわけであって、新しい学際分野を追跡したい、新しい科学のクラスターを追跡したい。そしてそれは、新しい問題に焦点を当てる、ということなのです。まだ学問の名前さえ付いていないかもしれません。発見した研究者たちが、ある関心が転換しつつあると気が付いたのです。

あそこにいるあの人が、面白いことをしているな、私の研究とあの人のやっていることとの間に関係があるのではないかと、いきなり発見をするのです。そうすると新しい指標が生まれる可能性もあると思います。そういう可能性はいつも期待したいと思います。

【質問者7】 偉大な発見というのは偶然の発見であることが往々にしてあります。「科学政策のための科学」では、こういった偶然の発見についても予測を可能にするということでしょうか。それとも「科学政策のための科学」というのは、偶然の発見を推進しようとするものなのでしょうか。

【ライトフット博士】 先ほど申し上げた点に立ち返りたいと思います。人間行動を一般的に予測するということです。あのドアを出た後、あなたが同僚の方に何とおっしゃるのかは予想できません。そのときに一緒にドアを出るのが誰なのかによって、状況によって違うと思います。従ってそれは予測可能な領域のものではありません。

しかしある一定の事柄については予測できます。もしあなたのことをよく知っているのであれば、一定のことについては予測できると思います。例えばハンガリー語ではお話しになる可能性は少ないと思います。ブダペストに住んでいらしたことがあるなんておっしゃらないでください。

何が予測可能で、何が予測可能でないのかを区別しなければなりません。また、予測可能であっても、あまり理解されていないものもあります。ニュートンは天体の動きをあまり理解せずに予測をすることができました。ニュートン以降、その理解が深まったわけです。しかしながら、ある一定の領域では、天体の動きについてニュートンは予測をすることができたわけです。

従って「科学政策のための科学」という分野で目標としているのは、科学政策、イノベーション政策に関する科学に関連する人間の行動で、予測可能なものを見いだしたいということです。そして科学者にとって生産性が高い分野はどれであるのかということです。私たちは経験を基にこのことに対して考えは持っています。それをなるべく系統立てて行いたいというのが目標です。

【質問者8】 『サイエンス』2006年4月21日号に掲載された論文の中で、「化学と考古学は異なる学術的なカルチャーがある。こういうカルチャーの違いによってイノベーションにも違いが出てくる。」と、あなたがおっしゃったということで引用があるのですが、よろしければもう少し詳しくお願いします。

【ライトフット博士】 化学と考古学でしたか。そうですね、科学的な文化の違いがあると。適当に二つの分野を言ったのです。なのに、今、考えなければいけなくなりました。

ですが化学は考古学に比べると、全く大きな分野ですね。化学を研究している人は考古学よりもっと多い。化学といった場合には考古学よりもっとチームワークが必要です。知らないのですが、かけてもいいです。例えば書誌分類学で化学の論文数と考古学の論文数を引っ張ってみれば、おそらく共著の論文数は、考古学よりも化学のほうが多いと思います。これは当てずっぽうですが、そうではないかと思うのです。

つまりこういう文化的な要素があると思うのです。化学の世界の文化と考古学の世界の文化があると思うのです。当然違いはあるかと思いますが。あるいは他の二つでもいいのです。他の、全然違う二つの分野を選んだって違いはあると思うのです。

それに基づいて考えると、そういう意味で書誌分類学的に比較をしてみると、忘れてはいけないのは、そもそも共著の論文というのはどうやって勘定するのか、どうやって測定すればいいのか。それだって問題なのです。論文を数えると言っても、化学と考古学では数え方も違ってくる

かもしれません。

【質問者 9】 お話の中で、これは政策立案のためであるとおっしゃっていました。しかし、こういった学問分野が確立された場合には、今後、民間部門にも適用できると思いますか。例えばある程度の規模以上の企業が投資決定をする際に、使うことができると思いますか。

【ライトフット博士】 できると思います。といっても、その会社の事業の性質次第かと思います。つまりこれはあくまでも科学とイノベーション政策に向けた研究です。したがって、この分野に関わっていない企業であれば、使おうといっても限定的かと思います。

でも、できないということはないと思います。つまり、科学技術に投資を行った場合、誰でも結果を評価したいのです。科学に対する資金が国から出たのか、あるいは民間企業から出たのか、いずれにしてもその成功率を評価したいと思います。

といっても、科学技術への投資がどれだけ政府経由でなされるのか、民間ルート、企業とか財団とか、いろいろあると思うのですが、それらを通じてなされるのか。国によっても違うとは思いますが。しかし関連する領域であれば民間でも使うことは可能だと思います。

【質問者 10】 この計画というのは、この 1~2 年で非常に話題になったことだと思うのですけれども、何年ぐらいでどういうモデルを作るというような計画はあるのですか。

それから、予見可能性ということですが、例えば人材育成のようなものは、非常に長期間にわたった視野が必要だと思うのですが、そういうものは、データを集めるのが難しく、予見可能性もなかなか高くなってはいかないと思うのですけれども、比較的短期間で出来るものと、長期間かけないとわからないもの、というように分けるのか、そういう計画があるのでしょうか。

【ライトフット博士】 それはフェアではない質問ですね。科学の進歩という話をしているなかで、これを「科学政策のための科学」の進歩でどうやって測っていくのかということを知っているわけですね。それが究極的な課題だと思いますけれども。

どのようなモデルが期待できるのか、例えば 5 年後、どういうものが期待できるのか、わかりません。どんなものが出てくるか、私もわかりません。といってもそれは単に、私の思考力が不足しているのかもしれない。ここにエコノミストがいて、その方に聞いた場合、経済学の分野で何が期待できると思いますか、と言った場合には、もしかしたら具体的な答えが出てくるかもしれません。ただ私が個人的にやっている分野ではないのでお答えできないのですが。

一方で、データを集めて、それに基づいて予測を立てなければいけないから、短期的には結果は出ないだろうと警告されました。おっしゃるとおりです。でも短期的な結果、例えば歴史的なデータを振り返れば、できないものはないと思うのです。定量的なだけでなく定性的にも見たいのです。過去のケース・スタディを見てみれば定性的な研究はできると思うのです。過去を振り返ると、様々な地域、国で、何が起こったか勉強することができるのです。

国家がある程度、経済を運営していた国が、1990 年前後にどう変わったのか。東ドイツで何が変わったか、ハンガリーではどうなったか、ロシアで何が起こったか、勉強することができると思います。どのように変化したのか、特に国の政治体制が変わることで科学と科学政策はどのような影響を受けたのか、科学の方がどう変わったのか。それに関して知識はあります。いろいろな論文や文献が出版されています。例えば国が支援をやめてしまったら、一夜にして、研究が中止されてしまったという分野もあるのです。

そういう歴史的研究によって、もしかしたら得られる教訓もあるかもしれません。それをベースとして将来の予測にも使うことができるかもしれません。例えば 2014 年の日本はどうかとか。

【司会】 ありがとうございます。司会者からで恐縮ですが、非常に現実的な質問をさせていただければと思います。

最初にご紹介いたしましたように NSF では 2007 年に 680 万ドル、だいたい日本円にして 7.5 億円になるかと思いますが、の予算のリクエストをされています。実は日本の人文社会学者に 8 億円近い研究費というのはとてつもない額に相当するわけですが、NSF・SBE ではこれはどういうふうに使おうというご計画でしょうか。

つまり先ほどもお話ありました、この分野の研究を振興しようという意味では、おそらく相当数の研究者が参加する可能性もあるかと思っています。

それから、統計ですとかメトリクス、日本では例えば各省の統計は各省に分散しています。それを統合的に利用しようというだけでも相当大変なわけですが、先ほどご説明ありましたサイバー・インフラストラクチャー、これも単にインターネット上でできるというわけではなくて、おそらくシステムを作るというのはどこかに作らないと難しいと思いますが。そういうシステムを作るとあれば、それはそれでまた多額の関係機関の連携した取り組みが必要になるかと思いますが、具体的にはこういったことをお考えでしょうか。

多分 2008 年にはもっと増えるというお話でしたので、相当大規模な組織化、あるいはハードのインフラストラクチャーの整備をご計画かと思った次第ですが。

【ライトフット博士】 2007 年に 680 万ドルですね。新たな資金は 2006 年度にもすでに投入されているので、1,000 万ドル台、そして 2008 年には多分 1,500 万ドルぐらいに上がっていくかと想定しています。そのぐらいの規模です。他の部門と提携を組むと、もっともって使えるようになると思います。NSF の中でもユニット間で提携、例えば先ほど言いましたオフィス・オブ・サイバー・インフラと提携を組んだり、あるいは他の政府機関と提携を組む。先ほど言いました省庁間連携のグループを使って、例えばエネルギー省とか商務省と連携を組めば、もっとこの予算は拡大できると思います。

確かに、巨大な予算です。でも勘定の仕方次第かと思います。つまり、SBE 全体で考えると、だいたい 2 億 2,000 万ドルぐらいなんですね、2007 年度。それは多額ですか？でも 7 つある局の中で、私が担当している局が一番小さいのです。数学・物理科学局の予算は私たちの 6 倍なのです。彼らが 6 倍のお金を使うことができるのであれば、私たちだってもっと使ってもいいと思います。

でもいかにして活用するのか。話の中でも述べようとしたのですけれども、ただ単に新しい産業、新しい社会科学、イノベーション政策の分野を作るとか、単に新しいプログラムを作ることでお金を使うのではなく、既存のプログラムのなかで行っていくのです。つまり「提案を出してください」と、研究者に問いかけていきます。そして、そのときには既存のプログラムとコラボレートして資金を出していきます。

全く新しいインフラというのはないのですね。「科学政策のための科学」のためにアドバイザーは置くと言いましたけれども、全く新しいのはそのぐらいかと思います。既存のプログラムを使っていくのです。さらに個人の研究者をサポートしますし、ワークショップをサポートしますし、時と場合によってサマー・インスティテュートのようなイベントをサポートしますし、コラボレティブな協定を締結したりすると思います。コラボレーションと言っても、アメリカの研究者と日本人の研究者とのコラボレーションもサポートします。

あるいは協力協定などの締結を NSF あるいはアメリカ政府と、例えば日本学術振興会の皆様と結ぶかもしれませんし、似たような機関との協力も考えていくことができると思うので、そういうメカニズムを活用していきたいと思います。でもお金はちゃんと使います。

【司会】 では、長時間にわたりまして、2 時間以上にわたりまして、どうもありがとうございました。拍手をお願いいたします。（拍手）それと最後に、申し遅れましたが、本日の講演会は NSF から大変ご好意あふれるご提案に基づくものでございます。併せて NSF にも感謝したいと思います。どうもありがとうございました。（拍手）

- 了 -



Science of Science and Innovation Policy

Dr. David W. Lightfoot
Assistant Director

National Science Foundation
Directorate for Social, Behavioral and Economic Sciences

Presentation to the
National Institute of Science and Technology Policy
Tokyo, August 27, 2006

1



Directorate for Social, Behavioral & Economic Sciences

Division of Behavioral and Cognitive Sciences

- Archaeology & Archaeometry
- Cultural Anthropology
- Geography & Regional Sciences
- Physical Anthropology
- Cognitive Neuroscience
- Developmental & Learning Sciences
- Linguistics
- Perception, Action & Cognition
- Social Psychology

Division of Social and Economic Sciences

- Cross-Directorate Activities
- Decision, Risk & Management Sciences
- Economics
- Innovation & Organizational Change
- Law & Social Science
- Political Science
- Sociology
- Societal Dimensions of Engineering Science & Technology Studies
- Methodology, Measurement & Statistics
- Science & Technology Studies

2



Directorate for Social, Behavioral & Economic Sciences

Division of Science Resources Statistics

- Research & Development Statistics Program
- Human Resources Statistics Program
- Science & Engineering Indicators Program
- Information & Technologies Services Program

3



Science and Engineering: Assessments and Predictions

- Timely product innovations
- Innovative design competency
- Number of patents granted
- Number of cited patents

Firms



- Revenue growth
- Productivity levels
- Market leadership status

- Number of practicing engineers
- Number of science & engineering graduates

Countries



- Standard of living
- Well-being

4



Existing Models

- Static
- Unidirectional
- Science neutral
- Based on time-lagged data
- Inputs relate to outputs and not broader outcomes
- Tools are antiquated

5



Dr. Marburger's Challenge

- "...[T]he nascent field of the social science of science policy needs to grow up, and quickly, to provide a basis for understanding the enormously complex dynamic of today's global, technology-based society."
- Global science and policy communities must collaborate on advancing "a new interdisciplinary field of quantitative science policy studies."

AAAS Science and Technology Policy Forum, April, 2005

6



Predictability

- Policymakers need predictability of outcomes
 - “It is one thing to know a bee is made of atoms, but quite another to guess which way it will fly when it leaves the hive.”
 - “Difficult as it may be, the predictability of human affairs is a precondition for effective policy.”

Marburger, Atlanta Conference on Science and Technology Policy, May, 2006

7



Priorities

- Comprehensive data collection, data taxonomy, and stewardship
- New metrics, models and frameworks
- Interagency collaboration on a new framework
- International partnerships that promote science and technology advancements

Marburger, COSSA Meeting, October, 2005

8



SBE-NSF's Goals

- Develop usable *knowledge* and *theories* for establishing a new science of science and innovation policy
- Improve and expand science metrics, *datasets* and *analytical tools*
- Coordinate efforts among federal agencies to develop a *roadmap* for the long-term development the science
- Broaden participation in the STEM workforce

9



SBE Workshops

- Behavioral and Cognitive Sciences, May 2006
- Science Resources Statistics, June 2006
- Social and Economic Sciences, July 2006

10



Scientific Basis of Individual and Team Innovation and Discovery

- Cognitive scientists, social psychologists and engineers discussed the psychological study of science and engineering
- Frontiers of collaborative research include:
 - Memory and analogy mechanisms in creative design
 - Computational models of creativity
 - Models of synergy between individuals and teams to improve performance
 - Ways to build more innovative teams
 - Management and leadership issues in innovation and creativity
 - Impact of disciplinary cultures on transformative work

11



Social Organization of Science and Science Policy (1)

- Sociology, science and technology, ethics, and history of science researchers identified a research agenda, including
- Understanding interrelationships in the national innovation system
 - How intellectual, social and physical organization influence creativity and innovation
 - How scientific knowledge and expertise influence policy and decisions
 - How global changes in economic, political, and social relationships influence the production and uses of science and technology
 - How changes in science and technology influence patterns of globalization and well being

12



Social Organization of Science and Science Policy (2)

- Understanding knowledge creation and innovation at a variety of scales—from small groups through organizations to global networks, from historical to contemporary
- Understanding how ethics and social values shape science and technology
- Developing and employing new computational tools and strategies for mining large-scale textual data sets and for visualizing the patterns and dynamics within
- Developing new strategies and vehicles for the education, training, mobility, and diversity of the STEM workforce

13



Advancing Measures of Innovation (1)

- Better research ingredients and investments and returns to these investments
 - Improve analytical framework to identify gaps
 - Enrich the taxonomy of fields of science and engineering to understand emerging and interdisciplinary fields
 - Map knowledge and investment flows in the “national innovation system”
 - Include local and imported human capital inputs, i.e., university professors and graduate students, foreign postdoctoral researchers, and foreign collaborators

14



Advancing Measures of Innovation (2)

- Improve comparability, scope, relevance, and availability of international data
 - Redesign surveys
 - Improve data sample frames, links and aggregability
 - Map the globalization and capitalization of R&D
 - Collaborate with other Federal agencies on R&D and innovation metrics
 - Collaborate with OECD, UNESCO, Statistics Canada and others to improve the international comparability of workforce and mobility data
 - Utilize new cyberinfrastructure-based data extraction, matching and manipulation techniques

15



Interagency Task Group

- Analyze Federal and international efforts in the science of science and innovation policy
- Identify data and tools for developing new R&D and innovation indicators
- Conduct a government-wide survey and chart a strategic roadmap to improve theoretical frameworks, data, models, and methodologies

16



Investigator Initiated Research (1)

- Theoretical and conceptual models of scientific discovery and technological innovation
 - Psychological and organizational studies of innovation
 - Agent-based and network model development
- Statistical and econometric tools for estimating returns to science and engineering investments
 - Sector-specific science metrics involving relevant scientific communities
 - Comparisons of public and private R&D expenditures and returns

17



Investigator Initiated Research (2)

- Qualitative tools
 - Case studies
 - Ethnographic studies
 - Retrospective analyses
 - Cross-national comparisons
- Bibliometric tools
- Many levels of analysis: cognitive, organizational, cultural, regional, national, and transnational
- Interdisciplinary and international collaborations encouraged

18



Cyberinfrastructure

- Data extraction mechanisms
 - Cyber-linked metrics and methods for evaluating inputs, outputs and outcomes of scientific development
- Collaboratories—"centers without walls"
 - Virtual laboratories across disciplinary and geographical spaces
 - Social and behavioral scientists study scientific processes and activities in areas such as chemistry, physics, biology, engineering, or nanoscience
 - *E.g., mapping discovery and innovation in a nanotechnology research laboratory*
 - Organizational catalysts for workshops and the dissemination of research

19



Community Building

- Continuous enhancement of workforce development, building a cadre of researchers in science of science and innovation policy
 - Summer institute
 - Education and training
 - Broaden workforce participation in the STEM disciplines

20



International

- Foster international collaborations to establish and expand international data linkages and compare different models in different countries
- Partner with international funding agencies
- Partner with researchers in developing countries
- OECD's Committee on Scientific and Technological Policy and its working parties could provide forums for dialog

21



Moving Forward (1)

- New surveys, data, indicators, and benchmarks
- New methods, models and tools
- Broader outcomes—industrial advances, as well as job creation, health, security, university graduates, and “well-being”
- Broad involvement of constituencies, including universities and researchers, labs and corporations, policymakers and community leaders

22



Moving Forward (2)

- Establish infrastructure for human capital and workforce development in science and engineering
- Establish forums that promote advances in the science of science and innovation policy across disciplinary and geographic boundaries
- Establish global linkages using cyber-tools

23



Dr. Arden L. Bement Director, NSF

"Our nation's future depends more and more on the quality of our new ideas, the vitality of our science and engineering workforce, and the innovative use of new knowledge generated through our research and education enterprise."

NSF FY 2007 Budget Request to Congress

24

1. 会議名称：ブルースカイ フォーラム 2006

「21世紀の科学技術イノベーション政策のための指標は何か？」

2. Blue Sky II Forum 2006 *What Indicators for Science, Technology and Innovation Policies in the 21st Century?*

3. 開催期間：2006年9月25日~9月27日

4. 開催場所：The Westin Ottawa (オタワ、カナダ)

5. 開催の趣旨と経緯

- 1996年に、10年後程度の将来を展望した新しい科学技術指標のアイデアに関する第1回の「ブルースカイ会議」(OECD-NESTIの主催)が開催され、特許統計データの重要性の指摘や企業の国際化に関する指標の提案などがあり、その後のOECDにおける指標作成や分析に大きな影響を与えた。本年は、この第1回会議の10年後に当たるため、今後10年程度を見通した科学技術関連指標のアイデアを募る場として、開催されることとなった。
- 本会議はOECD-NESTIの主催によるが、カナダ統計局がホストを務めるとともに、米NSFが資金提供を含む援助を行った。
- 本会議の開催は、1年以上前から、OECD科学技術政策委員会等で告知されており、一般講演は公募方式とされた。これに対して約90件の応募があり、ステアリング・コミッティーによる審査の結果、38件が受理された。
- 昨年7月には、本会議の企画担当であるOECD科学技術産業局・経済分析課のDirk Pilat 課長代行(当時)が当研究所を来訪し、日本からの発表応募を要請した。これを受けて、日本から3件の応募を行った結果、本出張者の応募論文が受理された。
- マーバーガー米国OSTP長官(科学技術担当大統領補佐官)は、最近、「科学政策の科学」を発展させることの重要性を様々な場で主張している(GSF Workshop, 2006, Helsinki等)が、本会議にもその一環として同長官が出席することとなった。

6. 会議概要(別添プログラム参照)

- a) 開催挨拶の後、マーバーガー長官の基調講演があった。
- ・ (全体要旨) 科学政策立案をエビデンスベースにすることが必要であり、指標やデータの収集が重要であるが、データはそれだけでは意味がなく、モデルが必要である。そのための取り組みは、単独の機関で出来るものではなく、新しい専門領域の確立が必要である。現在は、このような試みを行うことに極めて適した時代であり、今後の発展に期待したい。
 - ・ The Economist 誌(July 15 issue)の経済モデルについての論評を引用し、経済モデルには様々な不完全さがあるとしても、その影響力は大きく、ポリシーメーカーに対する“教育的ツール”として重要である、と述べた。
 - ・ アトランタ会議(本年5月)やヘルシンキ GSF ワークショップでの公演内容に比べると、野心的な主張は相当に弱められており、より現実的な内容であった。
- b) 3日間とも全体セッションで招待講演者の講演があり、その後にコンカレント・ワークショップが行われた。後者では、38件の研究発表が行われ、各セッションごとの議論の時間も確保されていた。

7. 主な論点

- (1) イノベーションの多様な側面への関心の広がり
 - ・ 本会議を通じて、イノベーションの多様な側面に関する言及が多く、また、それに焦点を当てた研究発表も多かった。例えば、イノベーションの“民主化”、サービス産業におけるイノベーションの役割の増大、知識フローやアクター間リンケージなどの重要性が指摘された。
- (2) イノベーション調査の重要性
 - ・ 欧州における過去4回のCISをはじめとするイノベーション調査の調査データの活用が相当進んでおり、調査を実施した統計部局や政策担当当局だけでなく、大学研究者による本格的な分析結果の発表がいくつかあった。特に、組織イノベーションや非技術的イノベーションの影響を測定しようとする試みやイノベーション調査自体の政策立案者の評価の分析などが関心を集めた。
- (3) ミクロデータの重要性
 - ・ 会議を通じて、ミクロデータの重要性を指摘する講演・研究発表・議論が目立った。
 - ・ ただし、ミクロデータの活用のためには、統計調査の個票データの公開が必要であり、例外的な使用にとどまるのではなく、ルール化されることが必要であるとの指摘があった。
- (4) 異なるデータ間のリンクの重要性
 - ・ 会議を通じて、異なる種類のデータをリンクさせた分析について、いくつかの分析事例が報告されるとともに、各種のアイデアも議論された。
- (5) グローバリゼーションの進展の把握
 - ・ 企画段階より、（特に1990年代後半以降の）グローバリゼーションの進展や質的变化が重視されていたが、本会議では、その重要性の指摘や概念的な考察に留まっており、実証研究という点では、課題が残っていることが感じられた。
- (6) 人材に関する調査研究
 - ・ イノベーションを担う人材にも関しては、企画段階より、最重要テーマの一つとされたが、本会議では、これまでのNESTIやSFRIの活動の延長上の議論に留まった観がある。

8. その他の所感

- (1) 全体的に研究発表と議論のレベルが高く、定量的な科学技術政策研究の進展を感じることができた。特に、イノベーション調査データが広く活用され、興味深い分析結果が報告された点が印象的であった。
- (2) 一方で、指標のアイデアという点では、ほとんど新規性のあるものではなく、今後は、既に提案されてきた指標の充実・具体化が主流になるのではないかと感じた。
- (3) 本出張者の発表は全般的に好評であり、また、会議全体で主要な話題となった「ミクロデータの重要性」および「異なるデータ間」のリンクを主題としたものであったため、今後、一定以上の影響力を持ちうるものと期待できる。

Monday, September 25, 2006

Keynote address

Speaker: Dr. John H. Marburger, III, Director, Office of Science and Technology Policy, Executive Office of the President of the United States of America

Plenary 1 – New uses of existing science and technology indicators in a global context

Presentations

- Dominique Foray – Enriching the indicator base for the economics of knowledge
- Anthony Arundel – Innovation indicators: Any progress since 1996?

Discussant, followed by questions and answers from the floor.

Summary of Plenary 1

Concurrent Workshop

Series A1 – Non technological innovation

- The determinants and effects of non-technological innovations – Tobias Schmidt and Christian Rammer, Center for European Economic Research (ZEW) in Germany. Germany
- Just how innovative are New Zealand firms? Quantifying and relating organisational and marketing innovation to traditional STI indicators — Richard Fabling, New Zealand Ministry of Economic Development. New Zealand
- Design as source and enabler of Innovation — New and improved indicators – Ray Lambert, UK Department of Trade and Industry, Office of Science and Innovation. United Kingdom
- Better by design? Capturing the role of design in innovation – Meric S. Gertler and Tara Vinodrai, University of Toronto. Canada
- Industrial reflexivity: An institutional approach to measure innovativeness of organisations – Manfred F. Moldaschl, Chemnitz University of Technology; The Institute for Human Resource Management, Chemnitz , and Center for Innovation Research, Munich. Germany

Series A2 – Multidisciplinary science, technology and innovation

- A framework to measure the impact of investments in health research – Alan Bernstein, President of the Canadian Institutes of Health Research. Canada
- Towards a nanotechnology statistical framework – Kevin Fitzgibbons, Executive Director of the Office of the National Science Advisor to the Prime Minister of Canada, and Chuck McNiven, Statistics Canada. Canada
- Indicators for benchmarking biotechnology innovation policies – Thomas Reiss and Iciar Dominguez-Lacas, Department of Emerging Technologies at Fraunhofer ISI. Germany
- Biotechnology impact indicators: From measures of activities, linkages and outcomes to impact indicators – Antoine Rose, Canadian Biotechnology Strategy and Chuck McNiven, Statistics Canada. Canada

Series A3 – Global knowledge flows – Human resources and science and technology

- International mobility of doctorate holders: First results and methodology advances - Laudeline Auriol, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). OECD
- Developing indicators for the effective utilisation of HRST: The case of South Korea – Ki-Wan Kim, Korea Institute of Science and Technology Evaluation and Planning (KISTEP). Korea
- Mobility of the higher skilled in the Swedish Innovation System — An indicator for knowledge flows – Patrik Sandgren and Eugenia Perez, VINNOVA. Sweden
- Linking human resources in science and technology and scientific performance: The

use of existing data to develop new indicators to analyze the scientific base of high and medium high technology manufacturing industries – Wendy Hansen, Maastricht Economic Research Institute on Innovation and Technology (UNU-MERIT) of the University of Maastricht. UNU-MERIT

- Indicators on researchers' career and mobility in Europe: A modelling approach – Philippe Mugu  rou, Olivier Da Costa, Maria Paola di Pietrogiacomo and Patrice Laget, IPTS, European Commission. IPTS / EU

Tuesday, September 26, 2006

Keynote address

Speaker: Dr. Luc Soete, Joint Director of the United Nations University Institute for New Technologies (UNU-INTECH), Maastricht Economic Research Institute on Innovation and Technology (MERIT)

Plenary 2 – New science and technology uses of non science and technology indicators

Presentations

- Eric von Hippel – Indicator development required for science, technology and innovation policies in an era of democratizing innovation
- Reinhilde Veugelers – Developments in EU statistics on science, technology and innovation: Taking stock and moving forward towards evidence based policy analysis
- Heidi Ertl – Towards understanding the impacts of science, technology and innovation activities

Discussant, followed by questions and answers from the floor

Summary of Plenary 2

Concurrent Workshop

Series B1 – The role of public sector and actors in innovation

- University research in an innovation society – Richard Hawkins, Cooper H. Langford and Kiranpal S. Sidhu, University of Calgary. Canada
- Developing internationally comparable indicators for the commercialisation of publicly-funded research – Anthony Arundel and Catalina Bordoy, Maastricht Economic Research Institute on Innovation and Technology (UNU-MERIT) of the University of Maastricht. UNU-MERIT
- Micro-level indicators of knowledge production: The AQUAMETH project on European universities – Andrea Bonaccorsi, University of Pisa and Member of the High Level Expert Group (HLEG) of the European Commission; Cinzia Daraio, IIT-CNR (Italy) and member of the PRIME working group on Public Sector Research. Italy
- Benefits from R&D investment in the Canadian federal government plus Annex – Pierre Therrien, Industry Canada. Canada

Series B2 – Specialised surveys: Developing countries, remote regions, special topics

- Science, technology and innovation for sustainable development plus Annex - Michael Bordt, Johanne Boivin and Julio Miguel Rosa, Statistics Canada. Canada
- What drives productivity growth in Tanzania : Technology or institutions? – Pierre Mohnen, Maastricht University and UNU-MERIT (Maastricht Economic Research on Innovation and Technology) ; Micheline Goedhuys, University of Antwerp and UNU-MERIT and; Norbert Janz, University of Antwerp and UNU-MERIT. UNU-MERIT
- Specialised R&D surveys: Design and application – Peter S. Mortensen and Carter Bloch, University of Aarhus, Denmark
- Measuring SERVERD – Pie in the sky or substantive activity? – Michael Kahn, Human Sciences Research Council (HSRC). South Africa

Series B3 – Global knowledge flows – The diffusion and location of knowledge

- Measuring the globalization of knowledge networks – Caroline S. Wagner, SRI International Center for Science, Technology, and Economic Development and George

- Washington University. United States of America
- Norms-based intellectual property systems: The case of French chefs – Eric von Hippel, Innovation and Entrepreneurship Group at MIT and Emmanuelle Fauchart, Conservatoire national des arts et métiers. United States of America and France
- The contribution of firm and invention-specific science linkages to patent quality – Bruno Cassiman, IESE Business School and Katholieke Universiteit Leuven, Faculty of Economics and Applied Economics, B-3000 Leuven; Reinhilde Veugelers, European Commission (BEPA), K. U. Leuven and CEPR Katholieke Universiteit Leuven, Faculty of Economics and Applied Economics, B-3000 Leuven; and Pluvia Zuniga, Katholieke Universiteit Leuven, Faculty of Economics and Applied Economics, B-3000 Leuven. Spain and Belgium
- A proposal for developing new indicators on the internationalisation of R&D by matching micro-data from national R&D surveys – Giulio Perani, Italian National Statistical Institute; member of the Italian delegation to NESTI; and Claudio Cozza, Italian National Statistical Institute. Italy
- Ideas for new indicators on globalisation of R&D – Mikael Åkerblom, Statistics Finland. Finland

Wednesday, September 27, 2006

Plenary session 3 – New indicators and methods

Presentations

- Benoît Godin – Statistics and Science, Technology and Innovation Policy: How to Get Relevant Indicators
- Giorgio Sirilli –
- Luis Sans-Menendez –
- Ward Ziarko –
- Andrew Wyckoff –

Summary of parallel sessions

Panel Discussion: What has been learned and what happens next?

Concurrent Workshop

Series C1 – Understanding the impacts of innovation

- New directions for understanding innovation – Frances Anderson and Susan Schaan, Statistics Canada. Canada
- Organisational forms and innovative performance – Anthony Arundel, Maastricht Economic Research Institute on Innovation and Technology (UNU-MERIT) of the University of Maastricht and Edward Lorenz, University of Nice Sophia-Antipolis, France. UNU-MERIT and France
- What is missing in the analysis of input-output relationships of innovation processes? Svein Olav Nås, NIFU STEP, Mark Knell and Johan Hauknes, Norwegian Social Science Research Institute NIFU STEP Centre of Innovation Research. Norway
- Where science, technology and innovation indicators hit the road and roadblocks – Susan McDaniel, University of Windsor. Canada

Series C2 – New indicators for science and technology policies

- Indicator for complex innovation systems: A Scale-independent view – J. Sylvan Katz, Visiting Fellow SPRU, University of Sussex. United Kingdom
- Constructing a multi-level Scientometric Indicators System – Hiroyuki Tomizawa, National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP) and Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology [MEXT]; and Takayuki Hayashi, National Institute of Science and Technology Policy [NISTEP], and National Institution for Academic Degrees and University Evaluation [NIAD]. Japan
- Innovation systems' based indicators: Relationships between innovation, human capital, and information and communication technologies – Monica Salazar, Simon

Fraser University. Colombia and Canada

Series C3 – Global knowledge flows — The spatial dimension

- What are policy-relevant Indicators to measure the performance of innovation clusters? – Charles Davis, Hickling Arthurs Low (HAL) Corporation and Ryerson University; David Arthurs, Hickling Arthurs Low (HAL) Corporation; David Wolfe, Hickling Arthurs Low (HAL) Corporation and University of Toronto and; Erin Cassidy, National Research Council. Canada
- Cross-regional and intra-sectoral analysis of clusters – Anne Plunket, University Paris Sud 11. France
- Of triple helixes, classification schemes and knowledge value chains – Brian Wixted, Visiting Fellow with CPROST at Simon Fraser University, and Susan E. Cozzens, Georgia Institute of Technology. Canada and United States of America
- Innovation at regional level. What we can learn from the CIS4 two-tiered survey in Italy – Giorgio Sirilli, National Research Council of Italy and NESTI delegate; Giulio Perani, Italian National Statistical Institute; NESTI delegate and Valeria Mastrostefano, Italian National Statistical Institute. Italy

OECD NESTI-SWIC 合同イノベーション・マイクロデータ・プロジェクトとキックオフ会合（2006 年 11 月 15 日開催）の概略と示唆

OECD では、イノベーション調査のデータを政策提言に向けてより活用していくことを目的として、CSTP¹のもとにある NESTI²と、CIBE³のもとにある SWIC⁴との 2 つのワーキング・パーティの合同プロジェクトとして、“イノベーション・マイクロデータ・プロジェクト”を立ち上げることが両ワーキング・パーティにおいて決定され、2006 年 11 月 15 日にキックオフ会合が開催された。

このプロジェクトは、「指標作表」と「計量分析」という 2 つの内容から構成される。

「指標作成」は、EEA メンバー国については、現在、欧州議会・欧州理事会決定⁵に基づき、ある程度詳細な集計データが各国（各国でイノベーション調査を実施する統計実施機関）から欧州委員会(Eurostat)に提供されることとなっており新たな取り組みは求められないが、EEA メンバー国でない OECD メンバー国について、国際比較のために、主要な変数に基づいて、新たな指標について集計表を作成しようとするプロジェクトである。

一方、「計量分析」については、さらに内容に応じて、5 つのトピックと、これに参加する構成国・リード国等が概ね明確になってきている。キックオフ会合を踏まえて検討されてきた。なお、このプロジェクトには、日本からは、現在、SWIC 議長でもある元橋一之教授（東京大学大学院工学系研究科；第 1 研究グループ客員研究官）と、NESTI 副議長でもある伊地知とが参画している。

欧州諸国では（国によってはもちろん異なるが）、全般としてデータの接合を行いやすい体制になっており、そのこともあって多くの国々がこのプロジェクトに参加することとなっている。また、これには、CIS 4 以降のイノベーション調査のデータの開示やその利用方法が、このようなマイクロデータを活用した分析に向けてより利用しやすい形に変わってきていることも理由として挙げられよう。

¹ CSTP: Committee for Scientific and Technological Policy (科学技術政策委員会)

² NESTI: Working Party of National Experts on Science and Technology Indicators (各国科学技術指標専門家ワーキング・パーティ)

³ CIBE: Committee on Industry and Business Environment (産業・企業環境委員会)

⁴ SWIC: Statistical Working Party of the Committee on Industry and Business Environment (産業・企業環境委員会統計ワーキング・パーティ)

⁵ DECISION No 1608/2003/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 22 July 2003 concerning the production and development of Community statistics on science and technology, 16.9.2003, Official Journal of the European Union L 230/1 (科学技術に関する共同体統計の作成と開発に関する 2003 年 7 月 22 日の欧州議会・欧州理事会決定第 1608/2003/EC 号, 欧州連合官報, 2003 年 9 月 16 日, L 230/1)。

他方、日本では、データの接合については統計法に基づく規制があり、現在検討されている改正統計法の規定と、それに対応した文部科学省における規則の変更如何によるところが大きいと考えられる。そこで、今回のこのプロジェクトでは、公開情報に基づいているために、接合が容易であると思われる特許(知的財産権)については参加することを考えている。

上述のような国際的状況に鑑み、今回の「イノベーションの測定に向けた基礎的調査」における研究の実施に際しても、(日本が参加しないテーマであっても)考慮していただき、この NESTI-SWIC 合同プロジェクトへの参加を通じて、国際的にも成果をアピールしたり、あるいは、国際的に研究コミュニティとの交流も図ることも可能であり、できれば、「イノベーションの測定に向けた基礎的調査」の中からもより多くの研究者の方々にご賛同いただいて、国際比較可能な形式に位置づけられた日本の状況やシステムに関するアウトプットの創出や、さらには、国際的なプレゼンスの向上にも資するようになれば幸いであると考えている。

最終的には、OECD から何らかのパブリケーションとして公表されることになるほか、さらに、研究コミュニティにおいてさらなる“副産物”が生み出されることになると見込まれる。さらに、政策的には、とくに、“イノベーションと経済成長”については、2007 年の OECD 閣僚級会合のテーマに含まれているなど、関心がますます高まってくると見られる。

1. 第 32 回 CEIES セミナーについて

本研究プロジェクト「イノベーションの測定に向けた基礎的調査」の目標にも大きく関連すると思われるが、2007 年 2 月 5 日-6 日に、デンマーク王国オーフス市において、欧州連合の機関である CEIES（欧州経済・社会領域統計情報助言委員会）と Eurostat（欧州委員会欧州共同体統計局）とが主催する第 32 回 CEIES セミナー “Innovation Indicators – More Than Technology?（イノベーション指標-技術にとどまらず？）” が開催された。

今回のセミナーは、「イノベーション調査に関する各国の統計作成者、データ利用者、データ提供者が一堂に会する機会を提供し、その上で、方法論、質、利用された概念、比較分析を含めて最近のイノベーション調査の結果を概観し、新たなオスロ・マニュアルとその実施（新たな種類のイノベーションや、サービス業、技術にとどまらない連携により焦点を置いて）について議論し、データ利用の結果について聴取し、また、より定期的なイノベーション統計に対するニーズも含む、今後のイノベーション調査に向けてますます増えるユーザ・ニーズについて議論する」ことを目的として開催された。

なお、今般イノベーション活動の観測・解釈に関する国際標準的マニュアルである “Oslo Manual” の改訂において、新たに観測すべき対象に organisational innovation（組織イノベーション）と marketing innovation（マーケティング・イノベーション）が加えられたことから明らかに、「非技術的イノベーション(non-technological innovation)」は国際的な注目の高い領域である。「全国イノベーション調査(J-NIS 2003)」は、“Oslo Manual” の改訂に先駆けて、また、欧州諸国で実施された第 3 回共同体イノベーション調査(CIS 3: the third Community Innovation Survey)より詳細な質問項目を設けて観測された。そこで、統計作成者の側からこれまでの経験について紹介することを主目的とするセッションの中で、伊地知は、主催者からの招待を受けて、“非技術的イノベーション” について対象としたプレゼンテーションを行うように要請された。そこで、J-NIS 2003 の概略のほか、J-NIS 2003 からの経験に基づいて、実施した“非技術的变化” に関する調査のアプローチ（調査票設計の考え方）、調査結果の概要の紹介と妥当性のレビュー、方法論に関連して調査の質（とくに、項目非回答率）のレビュー、といった内容からなるプレゼンテーションを行った。

また、本研究の実施に関連し、この機会を通じて国際的な動向や課題の把握を行った。

2．米国の動向について

米国（United States）は、OECD 加盟国の中で、公式の統計としてイノベーション調査を実施していない数少ない国である。今回のセミナーにおいて、米国における取り組みについて、NSF の科学技術統計・指標関係の責任者（NESTI 副議長の 1 人）が招待されてプレゼンテーションを行った。“Survey of Industrial Research and Development（産業界研究開発調査）”[我が国の「科学技術研究調査」（総務省統計局実施）のうち、民間企業等を対象とした調査に対応する]の見直しと調査の再設計が、この間実施されてきている。そして、2009 年から再設計された調査が完全実施される見通しである。なお、これまでのところ、「イノベーション」データの収集・測定方法に関しては検討されていないものの、今後、「イノベーション」部分のモジュールを開発することが計画されているとのことである。

なお、我が国の場合、「科学技術研究調査」は「指定統計」であって、調査の変更についてはかなりの手続きを要する。また、そもそも対象母集団が異なる（研究開発実施企業に限定されず、企業全体である）ことから、イノベーション調査については、「科学技術研究調査」とは別個に実施していくアプローチが必要になると考えられる。

Katy Borner インディアナ大学准教授講演：「科学のマッピング：科学知識とイノベーションのダイナミクスを分析し可視化する」<2007.2.13>

所内講演会

「科学のマッピング：科学知識とイノベーションのダイナミクスを分析し可視化する」

インディアナ大学 図書館情報科学大学院 准教授 Katy Borner 氏

司会 本日は朝早くからご参加いただきまして、ありがとうございます。科学技術政策研究所所内講演会「科学のマッピング：科学知識とイノベーションのダイナミクスを分析し可視化する」を開始させていただきます。本日の講師は Katy Borner インディアナ大学准教授です。図書館情報科学の大学院にいらっしゃいます。

最初に Borner 准教授の略歴をご紹介します。お生まれはドイツのライプチヒです。私はドイツの教育システムは詳しくないのですが、87年に Technical School Examinations を終えられて、ライプチヒの工科大学で電気工学の修士、Kaiserslautern 大学でコンピューターサイエンスの博士の学位を取られました。この間 92～98年に技術開発の仕事に従事され、京都の堀場製作所にもお見えになりました。そういう意味では日本には何度も来られています。

98年からインディアナ大学で教鞭を取り、現在は School of Library and Information Science で教えておられます。併せて School of Informatics や認知科学のグループの Faculty もされています。

本日は科学知識の可視化ということで、たとえばビブリオメトリクス関係の科学知識の可視化などをご講演いただけたと思います。プレゼンテーションの途中でご質問等ありましたら、遠慮なく手を挙げて質問いただければと思います。では、よろしくお願いします。

Borner おはようございます。大変立派な聴衆の方の前で講演をする機会をいただいたことを光栄に思います。「科学のマッピング：科学知識とイノベーションのダイナミクスを分析し可視化する」というテーマでお話しします。私は学生の共同研究者と研究をしているので、これは私一人の成果ではありません。彼らに感謝したいと思いますし、貢献した学生の名前なども講演の中で挙げていきたいと思っています。

(スライド2)

今日は三つの部分でお話しします。一つ目に、「科学のマッピング」は科学の局所的、広域な地図ですが、初めての方もいらっしゃると思うので、これをたくさん見ていただきます。このマップは非常に強い印象を持って皆様に迫ります。目から入る記憶は強力なので、私がしゃべったことは忘れても、絵だけは必ず記憶に残ります。ですから「可視化」というのは強力な手段だと思います。

地図は単に物理的な場所を見つけるためだけではなく、情報の氾濫状態に対しても非常に有力な手段となります。これのインフラ化、すなわち論文、特許、助成金、研究予算などに関する情報の集合化は、皆様方が共通して直面している課題だと思います。

二つ目は私どもの研究室で行ったいろいろなデータセットやアルゴリズムをどう関連づけるかということで、われわれがビブリオメトリクスとサイエントメトリクスの研究に使っている手段をご紹介します。三つ目に科学のマッピングの将来展望をしてみたいと思います。

科学のマッピング：地域性と国際性

(スライド4)

まず最初に、科学のマッピングはどのような効用があるかということです。最近論文や評論文がたくさん出ていますが、特にこのレビューに注目していただきたいと思います。これは科学のマッピングがどのように使われたか、どんなアルゴリズムが利用されてきたか、どのようにネットワークを解析するかという70枚のレビューペーパーです。

学術的な科学では、人々がネットワーク化して共同研究を行い、発明に貢献しています。特許に関しても共同出願者になっています。この人と人のネットワークが革新や新しい知識の発見につながり、論文や特許が集積されていきますが、ここには連邦政府、民間企業、個人の寄付などによる助成があります。これらのモデル化のためのサイエンスもやっていますが、これは現在の科学の構造にとどまらず、将来の動向もモデル化することができます。

2 番目は、科学のマッピングに関するナショナルアカデミー・オブ・サイエンスの論文です。これはマッピングの知識に関して大きく貢献した論文の一つだと思います。

またグーグル、ISI (トムソンサイエンティフィック) などデータプロバイダーの方たちも、データ・マイニングの可視化という手段を用いて、これらのツールを商業的に活用しています。技術の将来予測にも使っていますが、例えばアメリカでは研究室だけでなく大企業もこれらの研究を支援しています。

後ろにポスターを 2 枚掲示しています。われわれの科学的、学術的な成果を子どもや一般大衆の方々、違う領域の研究者にも広く伝えたいと思ってつくったものですが、今日私がお話しする内容の参考にしていただければと思います。

(スライド 5)

現在、私の研究室には 20 人ぐらいの学生がいます。ポスドク、院生、学部生などですが、彼らは入って来ては卒業していきます。修士は 2 年で終わりますし、Ph.D. は 5 年で取ってしまうので、絶えず学生はいても、一人の学生が 10~20 年もいることはありません。たとえば 2 年前の夏に 2 カ月間インターンシップに来た学生に、どんなソフトやデータを使って、どんな研究をしているか、どんなプロジェクトをやっているかを電話で問い合わせることはできますが、これを管理するのは大変です。

またコンピューターソフトを更新するときには、どのプロジェクトが影響を被るか、アップグレードで論文の締切日が影響を受けるかどうかを考えなければいけません。

もちろん学生は修士号、博士号を取らなければならないし、留年されても困りますが、研究室にずっと留まっているのは私一人ですから、私はマネジャーとしての仕事しなければなりません。ここでマッピングが役に立ちます。

実際に、産業界で働く実務者、研究者、資金提供者、政策決定者は、科学がどのような仕組みで機能を発揮しているかということ、よく理解する必要があります。主要な分野の専門家、作品、研究、リソースを識別しなければいけませんし、内的な構造だけでなく科学的な専門分野間の外部的な関連性も知らなければなりません。たとえば数学に対して予算がつかないとそれ以外のところにどんな影響が及ぶかということや、技術革新的な相乗効果も知っておく必要があります。

また助成金については、例えばアメリカの場合は米国議会、為政者に予算を割り付けてもらわなければいけないので、そのための競争力のことがあります。また科学の予算は納税者が負担をしているので、私たちは研究成果として一般大衆にお返ししなければならないわけです。

(スライド 6, 7)

これは非常に簡単に見えるかもしれませんが、私にとっては魔法に思えます。皆様もインターフェースでアクセスしてほしいのですが、これは私どもの情報可視化のラボで、私が働いているセンターにも連絡が取れます。たとえば人材、研究、指導、教育、出版、論文、今日のようなプレゼンテーションの資料、会議、私どもが参加する学会などが出ています。ソフトウェア、アルゴリズム、また SUN のサーバーやパソコンなどハードに関する情報、研究予算、助成金などの状況も入っています。

私どもは学内で、これらのデータだけではなく、様々なエンティティーを関連づけてネットワーク化しようと思いました。例えば、プロジェクトや学会への参加状態、指導や発表について、その人が採用するデータセット、触ってはいけないソフトウェア、デザイン、プログラムなどに関してです。

さっき「2 年前に 2 週間、夏期にインターンとして働いた学生に電話をかけて調べる」と言いましたが、これを全部つなげれば、その人の論文とかプロジェクトなど関わったものが出てきます。プロジェクトを検索すると使ったソフトウェアなども出てくるので、これはプログレス・レ

ポートには大変有用です。

外部からの助成金を受けたものが 12 件あって、それは毎週プロGRESS・レポートを出さなければいけません、これを使うとすべての項目ができますし、エージェンシーに合わせた報告書の体裁へのリフォーマッティングもできます。

またシステムアドミニストレーターは、どのハードを変えるとどのパブリケーションが影響を受けるかがわかるので、ハードウェアの交換のときに、あらかじめ該当する人に連絡を取ることができます。

同じことがファンディングにも言えます。ファンディングに関しても、いろいろな種類のネットワークを作成することができます。例えば、これは全部丸になっていますが、ここにかかわっている人が出てきます。共同の人もいます。これは第 1 補佐を務める PI の人達です。これはお金の額で、まだ審査中のものはペンディングで緑になっています。

もう一つは、プロジェクトもネットワーク化することができます。ここに学生の名前が出ています。これはナショナル・サイエンス・ファンデーションのキャリア・アワードを取ったもので、5 年の予算のうち 4 年目まで入っていますが、このプロジェクトにも学生がかかわっているのです、学者の立場としては、このシステムでデータを追跡していけるととても助かります。

(スライド 8, 9)

これはシステムから作成したものではないですが、co-authorship (共著関係) がどのように経時的に変わってきたかを見ています。一人ひとりの著者の相関関係を示していますが、引用件数で色の濃さが違います。暗い色を使っているのは件数が多いものです。黄色は論文はたくさん出したけれども引用されていないものです。例えば、若い人たちの場合は引用される可能性が少ないのですが、古くからあると何度も引用されるので色が濃くなります。これらのクラスターをラベリングしておきます。

例えば、MacKinlay と Robertson, Stuart Card はインターフェースデザインの人たちで、ゼロックスパークでデータキャプチャーをしています。そしてアルゴリズムを中心に学会に参加しています。私は工学部出身なのでツールとかアプリケーションに興味を持っていますが、この 3 人はいつもゼロックスパークでデータキャプチャーをやっているのです。古くからつながりがあり、幅の広いバンドがそのことを示しています。

Ben Schneiderman は、学生が入ってきて出ていく「学校」という背景が私に似ていて、多くの学生とつながりを持っています。ゼロックスパークの人と大学の人とは違うパターンを持っているのがわかると思います。

(スライド 10)

こちらのシステムは実際の移動をマッピングしたものです。真ん中にあるのがアメリカで、過去 5 年間に 2 回日本に来たことがわかります。今回来たので、新しい線が書き入れられます。欧州にも頻繁に行っています。これをオーバーレイすることもできます。色分けがしてあり、古いものほど色が濃くて、最近のものは若草色になっています。人によってカラーコードを変えることもできるし、受け入れるビジターの場合、私たちが出張に行く場合などで色を使い分けることもできます。

これは前回のサイエントメトリクスのコファレンスがあった場所ですが、たとえばヘルシンキやストックホルムなど拡散の様子を見ることができます。日本にも来ています。

(スライド 11,12,13,14,15)

これはオンライン上のグーグルマップです。ですから、どんどんズームインしていくことができます。これはインディアナ大学があるところです。さらに拡散して、もっと下を見ることができます。

これまで局所的に学術的なデータをとらえて、それをどう活用するかという話をしてきましたが、ここで話題を変えたいと思います。こちらのシステムは私たちが開発したものです。どんな構造の taxonomy (分類) ontology (存在: 概念化の明示的な仕様) でも、プロテイングされたデータの根底になるデータの組み合わせが見えるようになっています。

(スライド 16)

こちらはアメリカの特許のヒエラルキーをプロットしたものです。16 万クラス、300 万のパターンが 15 レベルにヒエラルキー化されています。4 ポイントの印字でプロットすると、ほとんど見えません。どんどんオーバープロットしていきますが、すべてプロットするには 10m という長い紙が必要になります。このヒエラルキーの規模がいかに大きいかがわかんと思います。

これを図書館員が随時最適化しています。たとえば医療データ、ontology、taxonomy など、ヒエラルキーがあるものをすべて最適化してこうとしているわけです。現在は、このような分類ヒエラルキーに取り組んでいます。不可能とは言いませんが、非常に大変なことだと思います。

ここでは 15 ではなくて、最初の三つだけプロットしました。非常に小さなプロットですが、トップレベルはここ、2 番目はここ、3 番目はここです。だいたいどの程度あるかということだけ、おわかりいただければいいと思います。これを 25 のカラムでプロットしています。一番下が最後のレベルになります。

(スライド 17)

このレファレンスシステムがあれば、最初の三つのレベルをこのようなかたちでレイアウトするとオーバーレイすることができます。たとえばクエリーがあった場合、IBM、NEC、富士通などの特許がどこにあるかを色分けして見ることができます。ズームインして実際にテキストを読むこともできます。特許をよく知っている方なら、トップレベルの特許は何なのか、そのラベルがどのようになっているかがよくわかるのではないかと思います。

(スライド 19)

適合性を見ることがもできます。正方形になっているところをズームインすると、すべての特許ヒエラルキーのクラスが見られます。「ゴム状の物質」という記載がありますが、この特許がすべてこちらにあります。それぞれの特許が棒グラフで表されています。他と違うほど高くなっています。こちらは非常に良く適合していることがわかります。こちらも適合していますが、一番下を見ると少なくとも四つはそれほど適合していません。

ここをクリックすると、どういう時かがわかります。リ・オーガナイズはマニュアルでやらなければいけませんが、可視化することによって適合の程度が一目瞭然にわかるというメリットがあります。

(スライド 20)

こちらは大局的な科学マッピングの例です。1 万フィート上空に上がって、上から科学を見ているつもりで聞いてください。確かに政策立案者は科学を 1 万フィートの上空から見たいと思っていますでしょう。それぞれの規模がわかるし、分野間の相互関係、ファンディングのインパクト、他のファンディング・エージェンシーが同様の分野を支持しているかどうかも見ることができます。

しかし科学を上空から見るというのは、研究者にとっても非常に興味深いことです。私たちの目的は専門家になって専門性を持つことです。Ph.D.を得るためにも、テニユアを得るためにも、専門性が必要です。そのために科学という非常に狭義な見方をするのではなく、他の分野とのリンクを強め、コンファレンスで他の方々と会い、新たな発見をするのは非常にいいことです。それによって重複を低減し、細分化を最小限にとどめることができます。ですから私たちにとっても、大局図を見るのは非常にいいことです。

産業界も同様です。新しいアイデア、イノベーションにすぐアクセスできれば企業の競争優位性につながります。また、このマップを使って、たとえば「この国立大学に資金供出しよう」などと自分たちが求める分野に投資をすることもできます。

また科学のマッピングは、出版社にも非常にユニークなインターフェースをもたらします。データをクリーンにするというメリットもあります。科学のマッピングをするためには統合されたクリーンなデータが必要になるからです。科学知識、専門性に対してのアクセスが格段に高まるので、社会にもメリットがあります。

(スライド 21)

これはニューヨークホール・オブ・サイエンスで展示会が行われたときの、イルミネーティッド・ダイヤグラムのディスプレイです。世界地図と科学の地図がありますが、これがどのようにつくられたかをもう少しお話しします。

(スライド 22)

それぞれの分野があって、その相互関係があります。アトラクトモードというのはレーダーのようなもので、これがマップの上を走るようなかたちになっています。研究を行っている研究機関がヒットすると、世界地図のほうでハイライトされます。たとえば有機化学がヒットすると、有機化学を行っている研究機関がハイライトされるという具合です。このデータは ISI (トムソンサイエンティフィック) の SCI (科学技術分野) に基づいたものです。

タッチパネルディスプレイで世界地図を触ると、そこでどのような研究が行われているかが示されます。たとえばハーバード大学を選ぶと、この大学で専門性のある研究分野、論文を出しているものがハイライトされます。非常に多く引用されている論文は、それだけ強く出てきます。

またタッチパネルディスプレイにこういうボタンがあって、例えばナノテクノロジーをクリックすると、それに関連するものが科学マップの中でハイライトされます。世界地図には実際にナノテクノロジーの研究を行っている研究機関がハイライトされることになります。他も同じような仕組みです。

こちらは人のボタンです。例えばアインシュタインのボタンを押すと、彼の論文が科学マップと世界地図の中でハイライトされます。どの科学分野で引用されているかもわかります。世界地図では、そのアフィリエイトがどこであるかがハイライトされます。3 番目に、だれが論文を引用しているかもわかります。彼のアイデアがどこまで広がっているかが科学マップと世界地図の両方で示されます。これはわかりやすいし、科学を探究するうえでも非常に興味深いと思います。

(スライド 24)

こちらの科学のマップはもっときれいです。毛のようなものが出ているのがわかると思います。最もよく使われている言葉のトップテンで、有機化学などがあります。

(スライド 25, 26, 27, 28)

こちらの地図は地上の照明を見ているようですが、これは GNP と研究に投下されているファンディングの関係を見たものです。ISI (トムソンサイエンティフィック) のものですが、NII (大学共同利用機関法人情報・システム研究機構：国立情報学研究所 (National Institute of Informatics)) のほうで日本のデータをぜひこの中に反映させたいと思っています。ドイツのデータもぜひ入れたいと思っていますし、ほかの国にもコンタクトを取っています。主要な科学成果はすべて英語であると考えるのは不公平だと思うからです。現在日本のデータが反映されていないことを申し訳なく思いますが、今後はぜひこの分野で日本との協力を進めていきたいと思っています。

(スライド 31)

こちらは『ネイチャー』で発表されたものです。

今度は科学の政策立案者にとってのグローバルマップを見ていきたいと思っています。この地図がどのようにつくられているのかについて、もう少しお話しします。これは SCI (科学技術分野)、SSCI (社会科学分野) のものを統合したものになります。

この地図は 2002 年を見していますが、100 万の論文、2500 のレファレンス、約 7300 のジャーナルが基になり、書誌結合が使われています。論文のベースが同じものは共通性があると考えられます。同じようなレファレンスを持っている論文、オーバーラップがあるものは近くに位置づけられます。100 万の論文がどんどん集積されて、クラスターは 671 になります。結合を見ることもできます。

これは Kevin Boyak と Richard Klavans が手がけましたが、地球科学のジャーナルに成果が出ています。自動的にはできないのでマニュアルで、例えばガンのクエリーを行ってラベル化し

ています。多少異論はあるかもしれませんが、全般的な構造は2002年も2005年もたいして変わりません。

例えば、ISIのプロシーディングス（会議報告書）のデータを増やせば、コンピューターサイエンスが少し増えることになります。それはプロシーディングのパブリケーションが多いからです。特許関係になるとエンジニアリングが増えて、マッピングできるデータが増えるという多少の違いはあります。そして、これを回転してミラーさせます。純粋科学が上のほうに来ていて、物理学、地球科学、生物科学、心理学、教育、数学があるというかたちになっています。こちらに法律もあります。

（スライド 32,33,34）

このベースマップにファンディング・エージェンシーに出した研究予算を重ねます。DOEです。この大きさは予算額になります。色が年代を示しています。ナショナル・サイエンス・ファンデーション（NSF）とナショナル・インスティテュート・オブ・ヘルス（NIH）のファンディングの仕方には非常に相補性があります。それ以外に日本で資金を提供しているところもあると思いますが、それも相補的な関係ではないかと思います。

化学はNSFとNIHの両方が出している共通性を持った領域だということがわかります。このマップは科学技術の政策決定者にとって重要であるだけでなく、データの集積、高品質の学史的科学、データ・マイニング、データの分析にも役立ちますし、これをマップ化することで自分が関心のある研究のマッピングもできます。

（スライド 35,36,37,38,39,40）

子どもにも役立ちます。自分たちが勉強しなければいけない分野が、どのような相互関係を持っているかを納得させることができます。また子どもの博物館のマップを、子ども用に作成し始めています。

これは全世界の地図です。先ほどのイルミネーションを持ったディスプレイと同じですが、Alicia という女性が水彩画で地球を描き、デジタル化して、世界地図にオーバーラップさせました。そして、いろいろな発明者と発明を挙げています。これをグローバルにカバーするのは難しいことでした。

例えば、アメリカの本を見るとアメリカの発明やアメリカ人の発明者ばかりです。ところがヨーロッパで科学史の本をひも解くと、ヨーロッパの発明や発明者が並んでいます。日本に関してはわからないのでほとんど入っていませんが、発明者や発明を、全世界地図に重ねて科学史を地図化しています。発明者がどこの学校に通ったかも出ていますので、皆様のお子さんにも、ぜひWebサイトにアクセスして使ってもらいたいと思います。

これは現在鋭意進行中でまだ完全ではありませんが、化学、地球物理、経済などとなっていて、だれにでもわかりやすいと思います。少なくとも「正しい位置に置こう」ということでやっていますから、正しいところに向かってトラッキングして動かすことができます。そして逆転させると、裏はその人たちが手がけた発明がわかるようになっています。ここのところが実際に地図のかたちになります。

（スライド 41）

これは現在、ニューヨークホール・オブ・サイエンスで展示されています。ラガーディア空港の近くで、2月25日までやっていますので、ぜひお立ち寄りください。

これが今日説明する三つのうちの一つです。グローバルにマッピングして、人類の学史的知識や、われわれが科学に関してどれだけわかっているかということを集積して、地域的に、また全世界的・広域的に見ようということです。

サイバー・インフラストラクチャーの開発

（スライド 43）

この方は私どものスタッフで、データベースのリーダーです。私が所長をしているナショナル・

インスティテュート・オブ・インフォマティクスに来ています。あと2週間ほど日本にいますが、彼はアメリカのグラント、パテント、論文のデータをまとめています。これは非常に大きな課題です。

ファンディングに関するデータは特許データ、出版論文のデータと関連性がありますが、インプット・アウトプット分析、つまりお金のかたちで予算として入ってくるものと引用の数、特許、論文のかたちでアウトプットされるものを相互関係としてどう分析するかは非常に難しいからです。彼は、これについて詳しく実情をつかむために来ています。これらに対しては、例えばグラントと論文と特許の相関、第1著者、グラントをもらったPIの人、著者、発明者、特許権所有者など実際にかかわった人たちを見ていきます。それと同時にアイデンティファイヤーを使って違うデータセットをします。

ギャビン氏他がこれを研究しているので、これに詳しい方は、ぜひ彼と情報交換をしてほしいと思います。お互いに利するところが多いと思うので、どのようなことをやっているかを話し合ってください。

これらのネットワークを使って研究者の論文数、出願した特許数、引用数などをネットワーク化していきます。もちろんそれだけでなく、例えば共同研究者の力はどの程度かということもあります。これを可視化することで、ネットワークが時間の経過とともにどのように進化するか、どのリンケージのところが強化されているかがわかります。

(スライド 44)

これは現在私どもが持っている学術データベースで、違うデータのすきまの相互関係を取ったものです。マジックドキュメントのテーブルがあって、左右のものを全部サーチにかけることができます。

(スライド 45)

これはパブリケーションのデータベースです。パテントに関してはアメリカ合衆国特許庁のデータベースを使っています。日本やヨーロッパの特許も繋げるとおもしろいのですが、これらを統合化するだけのアクセスが取れないので、まだできていません。

これはNIHやNSFのグラントを受けるものです。研究予算の目的はどのようなところにあるか等も入れるものです。オンラインのインターネットでどのようなデータベースに関心があるかを入れて、それをクロスサーチにかけて串刺し検索をします。そしていくつかセーブで出して、近い将来、ネットワークをセーブアウトすることができます。つまりco-authorshipはどのように進展していくかというものを、時間の経過とともにモニター追跡できます。

正直に申し上げますと、アクセスに制限がかかっているものが多くなっています。これらのマップが有用であること、自分だけではなく子どもにもいいことがわかれば、このようなアクセスの制限はなくなると思います。私の希望としては、完全にフリーになればと思っています。

(スライド 46)

これらの記録ですが、データセットがこれだけ多くあります。何年これがカバーされているかというと、たとえばフィジカル・ソサエティ・アメリカのものは110年です。このデータを長く追ってデジタル化していきます。

(スライド 47)

これらのデータセットを使って、ジオスペーシャルにどのようにカバーしているかを見ることができます。これはNIHの研究予算で、グーグルのマップの上に掲載しているのでズームインもできます。

これはカバレッジ・オブ・グラントで、どのように重ね合わせるかということを見ています。この大きさは金額ではなくて件数です。これを金額でやるとおもしろいと思いますが、まだできていません。

(スライド 48)

ハーバード大学はメジャーなグラントをたくさん受け取っています。これはMedline(医学雑

誌のデータベース)の出版論文です。主にパラメディカルの論文ですが、グラントのマップとパブリケーションを重ねると「何論文出たか」というものになります。この2枚を行ったり来たりすると、たくさん研究予算が出されていたとか、論文はたいして出ていないとか、出ているということがわかります。

ヘルスサポートに対する革新が出るか。つまり死ぬよりか生きていくということがあるかもしれませんが、メドラインの論文には反映されていません。たとえば理論的な研究はメドラインには入らないということは、考えに入れなければなりません。

(スライド 49,50)

NSF はアメリカでは大きなファンディングエージェントなので、これに対しては次に特許を見ることが、それ以外のデータベースでこれをすることもできます。

(スライド 51,52)

これらのオーバーレイをして科学のマッピングに変えることもできます。どの分野がどれだけお金をもらったかということでは、例えばバイオメディカルとか社会科学領域はお金が少ないと言えます。これらのデータは大切です。われわれの研究の80%はデータを確保し、それを統合化し、クリーニングすることだからです。データをクリーニングしておかないと、結果として、あまり価値のある成果は期待できません。

クリーンなデータが手元になれば、それを可視化したり、データ・マイニングの対象として使うことができます。ただ、それにはまだまだ課題があります。データを取得して、必要なものをフィルタリングして、データのクリーニングを行って、解析して、レイアウトをして、それを使うまで、長いパイプラインがあることです。そして実際にデータを可視化すると、十分クリーンなデータセットではないことがわかって、もしくはパラメーター・バリューが十分ではなくて、また戻らなければいけないということを繰り返すことです。

ですから、常にこうしたパイプラインを設定しなければいけません。そして、さまざまなデータセット、アルゴリズムの相互接合をしなければいけないというニーズがあります。一つのデータセットではなく、特許、ファンディング、論文発表と、様々なリンクが必要になってきます。

私たちが実際に行ったことはインフラの設定です。それによって様々なデータセット、アルゴリズムのプラグインができるようになっていきます。ただ、例えばバイオメディカルでの大きな制度をつくるだけのファンディングはありません。サイエントメトリクスでは巨大なインフラをつくるようなファンディングはないので、私たちはグルー(のり)をつくりました。これは「データセット、アルゴリズムを関連づけることでのりづけができる」というもので、マーケットプレースの考え方が基になっています。

物理学者、生物学者、社会学者も、モデリング、可視化などを使って、それを相互に関連づけていきました。そしてサイバー・インフラストラクチャー・シェル(CIShell: Cyber Infrastructure Shell)というものを使いました。これは空のシェルで、その中をデータで埋めることができます。サイシェル(CIShell)と言っていますが、これはデータセット、アルゴリズムの統合に資するものであり、大いに活用できます。

インターフェースのプラグインをプレイすることもできます。たとえばスクリプティング・インターフェースを望む人もいるでしょうし、ほかのインターフェースを望む人もいるのではないかと思います。

サービスのサポートもします。たとえばバックフローサポートやスケジューラなどです。このようなアルゴリズムも作業に時間がかかるからです。カスタム化された UI ツールキットの開発などにも使います。

(スライド 53)

これがサイシェル(CIShell: Cyber Infrastructure Shell)ですが、実際のリンクづけはコンピューターサイエンティストが行う必要があります。ホワンさんは、この専門家です。アルゴリズム、データセットは通常科学者がつくります。彼らは完璧なプログラマーではないので、最も効率的な手法は取っていないかもしれませんが、新しいことに取り組んでいます。

このアルゴリズムが有効であれば、コンピューターサイエンティストを雇ってオープンソース

開発などを行っています。これを使えば、サイシェルのフレームワークの中で科学者の行動を統合することができます。

別のほうにはユーザーがいます。たとえば教師であったり、他のドメインからのリサーチャーであるかもしれません。メニュー主導のインターフェースがあって、このデータセット、アルゴリズムを使っていきます。

こちらには二つのシステムがあります。緑で表されているのはインフォメーション・ビジュアルステーション・サイバーインターフェースです。ネットワーク・ベンチ・インターフェースは違う色が使われています。こちらはコミュニティによってカスタム化が進んでいます。

サイシェルはOSGI(オープン・サービス・ゲートウェイ・イニシアティブ)に基づいて、IBM、HP、その他の大企業にサポートされています。こうした開発は金銭的にも産業界にサポートされています。その中で私たちは小さなレイヤー、プラグ・アンド・プレイ、アルゴリズムの部分を担当しています。

(スライド 54)

こちらにより詳しい情報として、OSGI の Web リンクを示しました。私たちがOSGIを使うメリットは、どのようなサイシェルのデータセットでも、アルゴリズムですが、プラグ・アンド・プレイはOSGI フレームワークの一端をなすことです。リサーチャー、実務者がサイシェルを使って自らのデータを統合したい場合は、OSGI 適合のフレームワークで即座に使えます。研究界から産業界への橋渡し役にもなるので、これは非常に有効だと考えています。

(スライド 55)

サイシェルのレイヤーケースです。レファレンス・サービス・インプリメンテーション、アプリケーション・ソリューションなど、さまざまなインターフェースがあります。ネットワークワークベンチツール、バイオロジカルネットワークポータルは、まだ計画段階です。プロトタイプは左のものはあります。OSGI 適合なので、これはOSGI ベースのインダストリー・アプリケーションになれば即座に使えます。

1 時間のスライドショーがありますので、もっと詳しく知りたい方は私かギャビン氏に言ってください。もしくはEメールを送ってくだされば、アルゴリズムの開発者をご紹介します。日本に來たいというプログラマーはたくさんいるので、皆さんから問い合わせがあれば、いい機会になるかもしれません。

(スライド 56)

OSGI を使って、私たちのマーケットプレースのようなサイバー・インフラをデータアルゴリズム・リポジトリというかたちで展開することができます。サイバークライアントセットアップにも使えますし、ピア・ツー・ピアのインフラなど、さまざまな展開をサポートしています。移動中でインターネットにアクセスできない人たちはスタンドアローンとしても使えます。医療データなど、データアルゴリズムを共有したくない場合もあると思いますが、さまざまなかたちで展開することができるので非常にパワフルだと思っています。

コンピュータのデスクトップのさまざまなリソースを使ってテラバイトの学術データを処理して、科学予報のようなものができればと思います。コンピューターを使っていないときに、皆さんのデスクトップで、データマイニング、データ解析にサイエンスマップが使える状況になればいいと思っています。

(スライド 57)

これはNSFのファンディングの対象となっているインフラで、たくさんの企業がスポンサーとしてサポートしてくれています。

科学のマッピングの将来展望

(スライド 58)

最後は科学のオンライン上でのマップの将来予測です。さまざまなクライアントと仕事をさせ

ていただいています。科学の機能に対して理解が深ければ、より良く科学をサポートできるし、その成果を活用することもできます。

(スライド 59)

Derek De Sola Price が 1960 年代に「科学の手段を使って科学を勉強する」と言いましたが、現在では大規模なデータセットがあります。これを政治的に使うこともできますし、コンピューター・アルゴリズムが十分ならば、こうしたデータセットの解析をすることもできます。

またデータセットのモデリングも可能です。予測可能なデータというかたちで、科学の今後を予報することもできます。また科学をダイナミックなシステムとして見ることもできます。それぞれに番号を振るのは良くないと思います。イギリスは前に行っていましたが、今は止めているようです。

エンティティーはそれぞれの研究者や国でノードがあって、非常に複雑なネットワークがあるので、それぞれのノードがどのように関与しているのかというコンテキストが必要です。あとはプラスマイナスのフィードバックサイクルや、接続されたノードの関係に関心があり、ダイナミックシステムとしてのサイエンスをサポートしたいと思っています。これは定量的ではなく、定性的にも関心がある点です。さまざまな技術革新のブレークスルーがあることを思えば、そのような関心があるのではないかと思います。

それと同時に最終的には科学と産業界の間のブリッジングが必要になると思います。産業界のほうでも、科学がどのように進展するのかということで科学技術のマップを使いたいと思っているのではないかと思います。ですから、だれでもメリットを享受できるようにしたいと思っています。

非常に質の高いデータのみが、質の高い先見性や洞察につながります。データの質が高いことで、初めて素晴らしい洞察が生まれると思っています。また、一つの言語のデータの相互接続だけではなく、他の言語もインターリンクできれば非常に素晴らしいと思います。

「研究室のマネジメントシステムはさまざまなノードがあって、人やプロジェクトを引き出すことができる」と言いましたが、これは私たちにとって非常に有益です。すべての学者が同じようなデータフォーマットを持っていて、それを共有できるという状態を想像してみてください。プライバシーや、どこに移動しているかなど、隠したいデータを隠して、ファンディング、プロジェクト、論文に関するデータだけを共有することもできます。

こうしたデータセットは、現在さまざまなフォーマットがあります。たとえばプロGRESS・レポートを書くためにはエンティティーを結合しなければいけませんが、フォーマットが違います。

でも私たちのデータベースの中にはフィールドがあり、ZIP コード、ジャーナルネームがあって、そこで XY のポジションがどうなっているかがわかります。これが科学のレファレンスポイントになります。そのようなかたちでつくって、データをクリーンに集積していけば分析の質も上がります。

(スライド 60)

これは私の問題解決にも使えますし、他の人にも資するものではないかと思うので、ぜひこのようなものをつくっていきたいと思います。学者にとっては分析のためのデータ取得も非常に重要な点だと思いますが、このようなかたちでデータを取得できれば、学術データのマーケットプレイスをつくることができます。

アルゴリズム、サービス、専門性、論文などのマーケットプレイスをつくることができますが、これらのエンティティーのトラッキングができれば、エンティティーのマッピングが可能になります。科学のマップをつくって、さまざまな学術データに対するインターフェースを持つことができますし、グーグルマップを使うこともできます。現在は埋もれているデータや、アクセス権があってクロスサーチができないものがあると思いますが、集合知識にアクセスできるようになるのです。

それからエンティティーのレーティングをして、エンティティーにコメントすることができます。ダウンロードの統計を見て、最も有益な学術データやアルゴリズムを見ることができます。ですから、こうしたインセンティブ・デザインは非常に重要だと思います。

データ入力のために仕事量が増えるだけで学者にとって使うメリットが全然ないとか、圧力を

かけたり、お金を払ってやってもらうのではなくて、研究者の助けとなるシステムをつくりたいと思っています。自らの目的にデータを活用してもらえようなシステムをつくるべきだと思います。

ファンディング・エージェンシーはマップを見て、いろいろな分野の学術的活動のインパクトを見て取ることもできますし、ファンディング・エージェンシーが学者に「このシステムをファンディングの決定に使っている」と言えば、普及へのインセンティブになると思います。

ブラジルはこのやり方を取っていて、すべてのブラジル人研究者のデータが一つのデータベースに入っています。ブラジリアン・アカデミック・カウンシルは、8 カ月で、これらのデータセットに基づいて決定すると言っています。

そうすると、地球上で最もクリーンなデータが集まるわけです。アメリカ人もたくさん入っていますが、研究者からユニークなアイデア、新しい発表論文が提供されるので、インセンティブの構造としては、ブラジルはうまくやっているといます。中央に集中化すると、エージェンシーが使っているフォーマットに転換する必要がないし、情報を節減できるので、私にとってはますますインセンティブが利くことになります。

また業界を巻き込むことが大切です。これらのマップは活用する価値があると業界が納得することが、高品質のデータの確保につながります。

(スライド 61)

いくつか展示物を持ってきたので、もう少し説明しておきます。われわれがやっている科学のマッピングを多くの方々に知っていただくために、この展示をしています。これは「マップの持つ力」ということで、4つの既存のマップと6つの潜在的な科学のマップを対照しています。

最初のイタレーションですが、300～500年前の地球の地図が出ています。今日の地球とはずいぶん違いますが、古地図にも価値があって、場所を探したり、陸上・海上輸送をするのに役立ってきました。

同時に私どもは多くの人々に役立つわけです。正しいデータがなかったから無理なわけです。そういう意味で完全無欠な地図はあり得なかった。そして多くのデータが欠けていたわけです。

グローバルな科学の地図は15年ほど前に作成されたので、わずか15年しか歴史がありません。まだ歴史の浅い分野です。

これはノードリンクのもので、地理的空間を有した地図です。時間、トピック、地下鉄、ギャラクシーの地図となっています。それぞれの地図には裏話があるので、いろいろお話しできますが、この6つの地図はベストなメタファーではないかと思います。この展示をすることで、皆さんに「どのようなマップがわれわれの学術的知識を集大成化できるか」ということを考え始めてもらいたいと思います。

(スライド 62)

2番目の展示はレファレンスシステムのパワーです。わかりやすく判読性を持つためには、非常に明快な参照またはレファレンスがあればいけません。これに関しては、図書館学の分野でも、どんなレファレンスシステムを使うかということについて、いろいろな意見があります。

天文学的なレファレンスシステムは非常におもしろいと思います。お互いにほかのものに対して回転し合っているの、どれをどのようにするかということがありますが、天文学者はこれをちゃんとやってのけました。空のところをポインティングすると、そこでデータが検索できます。データ、写真、シミュレーション。普遍的(ユニバーサル)なレファレンスのシステムで発表論文やツールも全部集約されています。

同じようなレファレンスシステムが、すべての科学にあれば素晴らしいと思います。リニア。時間分類型のもの。これに関してはお互いに論文同士が参照し合っているもの。また系統学的な taxonomy のやり方。特許のような階層学。サーキュラーなもの。簿記学的なもの。全世界をただ重ね合わせたもの。これ以外に、まったく違うものもあると思います。レファレンスシステムとして何がベストかは、あくまでも問題提起であって、答えではありません。

(スライド 63)

今年の展示は「予報の力」です。科学はどのように経時的に進化していくのか、どの部分に活

動の爆発が起こるのかは非常に興味深いことです。四つの予報が出ていますが、非常に印象の強いものです。

例えば、日本科学未来館に地震予知がありましたが、あれには非常に感心しました。また病気の大流行も予報としてあると思います。「さまざまな研究活動の予報はいかに」ということです。

もう一つは違う専門分野間、異文化間でも展示し合うことが必要です。ですから、もし皆様方がこのような展示をしたい、スポンサーになりたいと手を挙げていただけるなら、ご連絡ください。

(スライド 64)

これは共同研究者のネットワークで、マップ・オブ・サイエンスの上に重ねました。バイオメディカルを担当している人や法律の専門家である弁護士もいます。コンピューターサイエンティストはたくさんいます。物理学者もいます。

(スライド 65)

次に、ぜひご出席いただきたいと思うような開催場所をご紹介します。今日はこの分野の研究の断面しかご紹介できませんでしたが、アメリカやヨーロッパでは数多くの研究者がいて、ニューヨークホール・オブ・サイエンスで会議があります。

それからビジュアライゼーションのネットワークダイナミクスのコンペが行われています。出席できなければ、論文を出していただくのでも結構です。6月25日には、バルセロナで国際ナショナルソサエティ・フォー・サイエントメトリクス・アンド・インフォーマティクスがあります。また InfoVis (Information Visualization Resources) のコンファレンス、サイバー・インフラストラクチャーに関するスペシャルサミットが7月にチューリッヒで開かれます。

私は11時半に成田エクスプレスに駆け込んで、成田空港から飛ばなければいけないのですが、11時半まではおりますので、喜んで質問を受けたいと思います。またギャビンはあと2週間おりますので、彼を捕まえて、いろいろと利用してくださればと思います。ご清聴ありがとうございました。(拍手)

司会 Borner 先生、どうもありがとうございました。これから40~50分、ディスカッションをしたいと思います。ご質問、ご意見がありましたら、手を挙げてご発言ください。

質問者 A 興味深いお話をありがとうございました。NSF と NIH のファンディングが相補的だというご説明がありましたが、ファンディングについて同じような分類学を使っているのかというのが第1点目の質問です。

2点目に国防総省やNASA、エネルギー省なども同じような分類学を使っているのでしょうか。3点目に、もし全ファンディング・エージェンシーが同じような分類学を使っているとすれば、OSTP とか OMB が何か統一的なガイドライン等を示しているのでしょうか。

Borner 真の意味でデータをいかに集積できるかということですが、現在ファンディングデータやパブリケーションデータで、オーバーレイのところで示したようなリンクングをしている最中です。今日説明したデータは人を使いました。すなわちオーサーネームをその人の持つユニークなネームで識別化しています。

その人たちがどれだけ研究予算を受けたか、その結果論文が出たかということで、ケビン・ボイヤーはいろいろなウインドウを使いました。まず最初にファンドをもらったときに、時間は上のほうに向かって経過して、結果としてパブリケーションが出ます。最初の1~3年は、論文は一切出ないと思います。通常の場合は研究をして、ジャーナルにアクセプトされて、論文化するのに3年ぐらいかかります。ですからパブリケーションのウインドウは後から出るようにしますが、NIH とか NSF の予算が重なるかたちで、同じようなやり方で資金が出されたということです。

しかし、これは完全ではありません。現在12件のプロジェクトを抱えていますが、インターリンクはあっても多様化しているので、やはりアクノレジメントデータを使うほうがいいと思います。「資金をありがとうございました」という最後のアクノレジメントのところをデータソースとして、たとえばペンシルバニア州立大学の研究者が非常におもしろい研究をしています。アクノレジメントデータを、実際に引用された論文から取って分析してみたのです。ですからファンデ

イングのナンバーでやったほうが良いと思います。

別のやり方ですが、私は2~3週間ごとに進捗の経過報告書を書かなければいけません。その分析は難しくなりますが、たとえばポリシーが変わるとか、大学を卒業したとか、マスコミ発表情報とか、そのほかの科学の成果物が分析対象となって、そのプロジェクトにインターリンクします。ご質問に対しては、それが使えればいいのですが、いろいろな政治的環境があって使えません。現在はこういう状況でやっています。

質問者 A ありがとうございます。

質問者 B 大変興味深い、壮大なプロジェクトのご説明をありがとうございます。同じところで質問ですが、16~17ページのファンディングのマップの中で、ファンドの線は何の関係を表すのでしょうか。何のデータを基に引かれた線か伺いたいと思います。

Borner NSFの論文、ISIのペーパーがあります。トムソンサイエンティフィックのパブリケーションです。ファンディングデータはNSFです。インターリンクはco-citationです。先ほどのベースマップと同じように、その関係性の強さを表しています。

この拡散パターンは、ほかの分野にだれが知識を提供しているのかということです。こちらは類似性があるもの、共同で引用されているもので、その強さを表した線です。

質問者 B 例えば、あるプロジェクトが二つの分野にまたがっているというのではなくて、論文のco-citationに基づく線ですか。

Borner これについては、まだデータが入手できていないのでわかりませんが、NSFとNIHとトムソンサイエンティフィックは違う分類法を使っています。また議会に提出するときは別の分類になります。ですから、これらをどうリアラインするかが課題の一つですし、大きなトラブルの基になっています。

質問者 C 非常にスケールの大きな話に圧倒されましたが、データセットをつくる時、特にスカラー・データベースをつくる時のコストです。全部の話ではなくて、データをクリーンアップするときにどのぐらいのコストがかかるのか。どの程度自動化されているのか。そのへんの一番重要な作業について、もう少し詳細を伺えればと思います。

Borner おっしゃるとおりです。どの団体でも、どの会社でも、すべてのスカラー・データのクリーニングはできないので、こういう制度を立てるわけにはいきません。特に、ある人が辞めたら崩壊してしまうような制度です。例えば、米国議会がお金を出さなくなったらできないので、私がいま使っているラボマネジメントシステムのように、ユーチューブとかフリッカーのようなシステムにしたらどうかと思います。

自分のデータセットをいきなりマーケットプレイスでやり取りするものです。アーカイブの別刷りというか、プレプリントの部分だけ出したほうがおもしろいので、ジャーナル全部ではなくて抜粋のところだけ出すということです。

われわれが開発しているのは、ユーチューブのようなインフラを使ってインデックスिंगをします。たとえばマンカインドのスカラー・データを使います。もちろんこれらのデータを分析するにはコンピュータのインフラが要りますが、並列処理ができるので自宅の書斎でもできます。

自宅で、マップ・オブ・サイエンスで自分の専門分野にズームインすると、共同研究者のプロジェクトや新しく公募されている研究予算の掲載が見られるとか、それをポップアップさせるということです。特許とか、政策がどう変わっているとか、コミュニケーティブ・インターフェースを研究者間、業界、一般大衆との間でインターフェース化してしまうと利害関係者の間にメリットがあると思います。

このようなマーケットはソースさえあればできると思います。理想的には国際的な委員会を立てて監督させる方法を構築する必要があると思います。現在はリージョナリーな人しか働いていませんが、ぜひ日本の先生方からもフィードバックをいただきたいし、参加してほしいと思います。

もう一つは、ユーチューブを学者オンラインとかたちでつくったらどうかと思います。それが普及すれば経済性が出てきます。論文とかデータセットに対して、たとえばパブリケーションカウントとか引用の数でやり取りされて、マップの中にそれが保存されれば、もっと顧客を呼ぶことになると思います。そして資金もどんどん出てくるとなると期待しています。

質問者 D 本当にありがとうございます。私も大学でデータベースをつくっていますが、大

学の先生たちはいろいろなデータをインプットするのに時間がかかるし、みんな嫌がっています。パテントのデータベースも大学でつくって、大学の中にデータベースがいくつもあって、それがそのまま残っています。書類は本部でつくっていますが、それがフィードバックされなくて、まさにのりの部分をデザインする人がいない状態です。そこで質問です。「のり」をデザインする人たちはどうコミュニティをつくっていくのか。どういうバックグラウンドの人がコミュニティに入って、どういうトレーニングをして活用できる「のり」をつくっているのか。そのへんのお話を聞きたいと思います。

Borner 私もこのシステムがどう活用されるのかについて理解を深めたいと思いますが、現在はファンディング・エージェンシー、科学の政策立案者、リサーチャーなどが一堂に会して「夢のようなツールは何か。さまざまなリソースがあり得るのなら、どのようなものをつくりたいか。日々直面している問題は何か。何を自動化できるか」という議論をしています。

レファレンスや経過報告書を書くのは時間がかかりますが、違うエンティティー同士での相互接続性を実現できたのは、私にとっては夢が実現できたということです。この相互接続性によって、非常にクリーンなデータがほかのファンディング・エージェンシーにも使える有効なデータになります。

ただファンディングや政策立案者によってニーズが違うこともあると思います。ですからたくさん議論をして、プロトタイピングも何回もやり直して、みんなのニーズを満たして生産性を上げていき、究極的には豊かで満足度の高い、持続可能な、地球に損害を与えずに経済発展に資するものをつくっていければと思っています。

質問者 E 私たちもビブリオメトリクスのデータを使っているいろいろな分析をしていますが、トムソンサイエンティフィックのデータベースに非常に強く依存せざるを得ないというか、ほとんどそれだけに基づいてやっているという状況です。

今日のお話の中で特に印象が強かったのは未来予測のところで、サイエンス・マップス・オンラインのアイデアは非常に興味深いものですが、こういうことを進めていくときに現在のトムソンサイエンティフィックの独占状態が障害になることがあるかどうかの一つです。

それから私たちはトムソンサイエンティフィックに非常に感謝していますが、ときどき研究を進めるうえで障害になることもあります。例えば、共同研究者の間でデータを共有したいときに、ライセンスに縛られてできないという問題があります。Borner 先生はそういう問題をどう解決されているのでしょうか。またトムソンサイエンティフィックとライセンス契約を結んでいるかどうか教えていただければ幸いです。

Borner トムソンサイエンティフィックの仕事は高品質でカバレッジも最高だと思います。ケビン・ボイヤーがファンディング・オーバーレイをやりましたが、全面的にデータを開示してもらっています。

しかし、スコopus (Scopus) のデータもいいと思います。ジャーナルのカバー数は2倍ですし、この種の分析には役立ちます。ですからスコopusデータを既存のデータセットにホールディングするのが非常にいいと思います。

スカラーのグーグルデータもいいと思います。最初の二つは入っていませんが、それ以降は入っていますし、Web からリトリブできます。従来の品質に比べてあまり悪いわけではないと思います。英文のジャーナルに関しては、この三つだと思います。英語以外の論文に関しては、これには入っていません。

ライセンシングの条件は、トムソンサイエンティフィックのビジネスに侵害を与えるかどうかです。これらのマップに関しては、既知のものに対してインデックシングをしてトムソンサイエンティフィックにも知らせます。

インディアナ大学はデータインテグレーションのシンポジウムを開いて、ユニーク・オーサー・アイデンティファイヤーをつけました。研究者個人に関心を持つので一人ひとりのオーサーをID化して直接提供を受けるというものです。システムもID化してあるので、これを利用してもらえます。円卓会議にはスコopus、ISI、OCLC など、データプロバイダーの人にも参加してもらいました。ウィキペディアのスポンサーを得たわけです。

これらで8~9割は自動化できます。残りの1割は手作業になります。ブラジルのサイエンスカウンシルのようなやり方がいいのではないのでしょうか。「8カ月分このデータを使ったら、これによってファンディングの決定をするぞ」と言ったほうが、みんな一生懸命協力してくれるのでは

ないかと思います。

それからウィキペディアのようなやり方です。オーサーはマップに名前を載せてもらいたいの
で参加してくれます。ですから、ある程度効くような適切なインセンティブを使えばかなりでき
ます。

ISI はデータのユーザーに関して協力してもらいました。先ほどのイルミネートダイアグラム
は ISI の協力によるものです。データクリーニングも助けてもらえます。

「この論文はあなたのものですか」、「論文にスペリングミスがありますか」など、5 分ぐら
いで、イエスとかノーで簡単に答えられる問いかけにすれば、科学者のオーサーはだいたい協力し
てくれます。最後の 1 割をやるにしても、研究者が手がけられる量になります。

トムソンサイエンティフィックに対して侵害するかということですが、彼らのホールディング
に関して美しい地図のかたちにして、ISIS のインターフェースのところをクリックしてリンケー
ジして、ISIS のデータに飛んだ後は向こうのビジネスときちんと線引きができます。

また昨今は、ISI のレファレンスとか、ノードとか、検索しやすいとか、サイトしやすいとい
う付加価値を提供しています。スカラーの生産性、時間の経過、ネットワーク、または新しいデ
ータのバースティングに関してもできるので、将来トムソンサイエンティフィックにとっても一
種のバリューチェーンになるということを彼らに確信させればよいと思います。

たとえばスペルミスを直してくれるようなやり方をすることによって、数多くの科学者がバイ
オティックな関係をトムソンサイエンティフィックとは結べると思いますし、彼らもそう思っ
てくれると思います。それで私たちとしては協力しているというかたちです。

質問者 F 21 世紀のイノベーションを話すときには非常に強力なソフトウェアが大事だろう
という中で、講演の中でユーチューブの話がありました。ユーチューブ・エンバイロメントと
おっしゃっていましたが、どういうことをイメージしているのか、教えていただければと思い
ます。

Borner ユーチューブ・ドット・コムはビデオのアップロード、ダウンロードができるサイ
トです。すでに非常に多くのユーザーがいます。たとえばムービーもアップロードできますし、私
たちはこのエキシビットをアップロードしています。非常におもしろいインセンティブ・ストラ
クチャーがあるので、非常に多くの人が自分のムービーをアップロードしています。

ナビゲーションにも非常に有益です。異なるユーザーグループがいて、お気に入りグループが
あって、タグをつけて分類することができます。コメントもできます。最良のビデオも特定でき
ます。おもしろいだけのビデオもあれば、多くの人の関心を引くものもあります。

高品質な企業の広告もあります。個人のビデオもたくさんアップロードされています。非常に
おもしろいと思うのは、共有したいと思う人々の関心が非常に高く、格付けし合い、お互いに
メリットを享受し合っていることです。

学者として、エンターテインメントのようなものから学べることは非常に多くあると思います。
Web で何をどのように活用するか。データ共有によって、人々はどんなメリットを享受できるの
か。

フリッカーでは写真の共有ができます。こちらも非常に興味深いアップロードのインターフェ
ースがあります。私の母もできるくらいですから、とても簡単です。分類もランキングもできま
す。最もよく見られている写真のトップテンなどです。

学術データ、アルゴリズム、サイエンスなどの論文が、すべてインデックスです。たとえば写
真やビデオのホスティングもできますが、それをする必要はありません。インデックスファイル
がポインターの役割を果たしているからです。これはポインターシステムです。

単に写真を共有するだけではなくてプラグ・アンド・プレイができればもっといいんですが、
技術的な問題は解決できると思います。データセット、アルゴリズムを共有するうえでは政治上
の問題がありますが、マーケットプレースが出て、政治家がこれは共有できる、できないと判断
できれば、ある程度こうした一元的なエンティティーは必要なくなってくるのではないかという
気がします。

ユーチューブ・ドット・コムはおもしろいので、ぜひ見てください。

質問者 G 例えば、会社の特許や論文に関してはやっていますか。大学と企業でどの領域に関
して産学協同できるかということが分析できるとおもしろいと思いますが、先ほどのマップ・オ
ブ・サイエンスで、大学と企業の間で分析したことはありますか。

Borner この分野に関してはいくつかやっています。公開されている論文はできますが、ビジネスのデータはなかなか入手できません。お金がかかりますし、会社は自分の研究所に投資していることが多いので、なかなかわかりません。

たとえばインディアナ・インテレクチュアル・パークの Bloomington は、自分の持っている技術を製品化できるか、産学協同をどうするかでやれるかが疑問でした。そこで大学にとってのゲートウェイはだれかを識別したいということで、イノベーションのポケットというか、島状に孤立しているところに関して、顧客のほうから情報をもらって私どもが分析しました。

そして、イルミネーティッド・ダイヤグラムをマップにしました。たとえばインディアナ大学をクリックすると、どの科学分野の研究がやられているかがわかります。また、どの企業がどんな知識を持っているかもマップに載せています。データには問題がありましたが、高品質なデータさえ入手できれば理にかなった作業ができます。顧客が何をやりたいかということを検証しなければならないと思います。

デューク大学の Timothy Lenoir は非常に興味深い研究をしています。スタンフォード大学とシリコンバレーの相互関係の分析です。彼は科学史の人で、質問用紙で聞き取りをして、科学的なブレークスルーによって DNA の塩基配列がどう効率的にやられるようになったかを対象として、だれとだれが協力したか、誰がどの会社の諮問委員会のアドバイザーかということを全部徹底的に調べました。

Timothy Lenoir はグローバル・マップ・オブ・サイエンスにあるところをインサートとしてつくって、だんだん具体的なことをしたわけです。まず最初にオーバービューで相互関係を見ますが、ここのアトラスと同じように、自分のうちはどうなっているかという個別なところを見なければなりません。しかし全体図、大所高所に立った俯瞰図も必要です。

もしグローバルなマップがあれば、自分はどのへんでやっているかがわかります。上のほうではなく、一番下にある論文こそ意味があるということも突き止められるようになります。

質問者 H 非常にバランスの取れたお話で感銘を受けました。われわれも似たようなアプローチを使っているいろいろな研究をしていますが、こういった分析手法を使うと、たとえばビジネスの方は「友だちの友だちは実は敵だった」みたいなことが意外とわかってしまって、エンバラスメントが起きます。

今日は表面的にはあまりお話しされていなかったけれども、科学技術活動のトランスペアレンシーを上げることが最終的に科学技術の人間のために望ましい活動をもたらすとお考えになっているように私は感じました。透明度を高くしてお互いに情報をフリーに出し合っていくことがオープンサイエンスをこれからも持続していく基礎になるとお考えなのか、確認したいと思います。

Borner この研究を長年やっていますが、今日の科学は非常に分断化されているという気がしてなりません。実際に、科学者の論文の数はどんどん増えています。毎月 4 万も論文を出している分野もあります。

しかし、こうした知識を自動的に引き出すことはできないし、それを地球の意思のために使える手法はまだありません。実際に地球の重要な部分が生産されるのかどうか、本当に持続可能になり得ているのかどうか、知るすべもありません。この質問の答えは論文の中に埋もれてしまっていますが、私たちの脳は月 4 万の論文を読む力はありません。すべての科学分野ではなく、一つの分野でさえそうなのです。

昔は大多数の知識を把握して貢献することができる権威の人がいたと思います。たとえば 100 年前であれば、アインシュタインが主要な分野を把握できていました。

しかし、いまは専門化がどんどん進んでしまっているのも、一人が把握できるものは非常に限られています。ですからインターフェースをつくって、グローバルな脳をつくらなければいけないと思います。そうすれば効率的に複数の脳を使用することができます。それには可視化は最も強力なチャネルだと思います。地図の見方のトレーニングは、すでに学校で受けているので、知識の地図を使えば、いま何があるのか、科学者はどこにいるのか、未開の地はどこにあるのか、どこに重複があるかを見つけることができます。どこで協力すべきか特定することもできます。

集合的な知識が活用できれば、無駄な投資をする必要はなくなり、時間も節約できます。知っていることを迅速に分析できれば、非常に価値が高まると思います。オンライン・サイエンス・マップとかマーケットプレイス、グーグルの地図はだれでもアクセスできます。それと同じように科学マップに最良のデータがあって、だれでもアクセスできれば素晴らしいと思いますし、い

ま一体何があるのかということで、それを活用するうえでも非常に役立つと思っています。

司会 ありがとうございます。ほかに特にご質問がなければ、私からもよろしいでしょうか。この夏にNSFのDr. David W. Lightfoot局長がレクチャーする機会がありました。彼と、大統領科学技術担当補佐官のDr. Marbargarの提唱する「サイエンス・オブ・サイエンス・アンド・イノベーション・ポリシー」のディスカッションをしましたが、その中で今日も出てきたサイバー・インフラストラクチャー・ビジュアライゼーションをかなり強調されていました。

Dr. Marbargar のイニシアティブはイノベーションのメジャーメントにかなり力が入っていたように思いますが、そのコンテキストの中で Borner 先生の研究をどう使うか、これまで NSF の方と議論されたことはありますか。また今後の方向性を何かお持ちでしょうか。差し支えない範囲で教えていただければと思います。

2 番目に、サイエンスとテクノロジー、あるいは社会のインパクト、経済的なアウトカムを結びつけるにあたっては、もっと多様なデータを結びつけなければいけないと思いますが、そちらに向けての困難として、どんなことが考えられるのか教えていただければと思います。先ほど質問した富沢も、ペーパーとパテントの間の分析で苦労していますが、たぶん先生も同じではないかと思います。

最後に、今日はサイエンスのお話を中心でしたが、エコノミクス分野とのコラボレーションの可能性やこれまでの実績はあるでしょうか。

Borner まず、私どものアプローチが NSF そのほかのファンディング・エージェンシーにどのようなインパクトを与えているかということですが、NSF は私どもに研究予算をたくさんくれています。サイバー・インフラストラクチャーの開発にもお金をくれましたし、膨大なデータのハード、ソフト、運用管理にも関心を持ってくれています。

予算はデータ・マイニングの研究や計量学的な研究にも使っています。データの可視化もやっています。これは学術的なデータに限りません。バイオメディカルの可視化やそのほかのプロジェクトに関しても NSF がお金を出してくれます。あとは 21 世紀ファンドがやっています。メディカルの人たちを対象として、たとえば小児患者さんの命を救うためにも可視化技術を使っています。たとえば親がちゃんと面倒を見られないなら子どもを退院させないほうがいいということも、この手法を使ってやってくれました。

NSF がこの領域にどれくらいお金を出してくれるかわかりませんが、資金の調達に対しては、ほかとの調整をうまくやるということに、これを使ってくれるのではないかと思います。予算化することを非常に良いと思えば、NSF が呼び込んでくれると思います。ですからわれわれは、現在はファンディング・エージェンシーのオーバーレイがあります。

James McDonnell のファンドでは、サイエンスのモデリングで、たとえば物理学者がやっているサイエンスの経時的な進化に私どものアプローチを使ってくれています。モデリングは科学の予報に使えるということで採用されています。

2 番目に、企業のデータを使ってどのような実績を上げたかということですが、製品開発、技術革新の分野に関して特許のデータを使いました。そのほかの経済データは、インディアナ州に関しては手に入りましたが、なかなかアクセスがありません。データが取得できるかどうかが一番優先します。データがなければ何もできません。

私はエンジニアなので、製品開発や技術の進化には非常に興味を持っています。実は展示は 10 年やることになっていて、来年が 4 年目ですが、産業、企業での意思決定を地図化しようと思っています。企業は最初の成績を見て採用してくれると思うので、どれくらい企業が増えているか、来年 Web ページで見えていただければと思います。

司会 成田エクスプレスの時間もだいぶん近づいてきましたが、チケットはもう買ってありますか。

Borner すでに買っています。

司会 ほかにご質問や議論はございますか。

質問者 I お話をありがとうございました。先生はワードの単位の分析にどこまで入り込んでいるのか、それともあまりやっていないのかということをお聞きしたいと思います。ビブリオグラフィック・カップリング等でクラスターをつくった場合、たとえばクラスターの名前とか、どういう研究をしているかという内容面に入るとワードの分析も必要になると思います。

コストが非常にかかる大変な作業だと思いますが、そのへんはどこまでやっているのか。ある

いは先生のワード分析に対する考えをお聞かせいただければと思います。

Borner 非常に興味深いご質問をいただきました。クライアントのニーズに応えようとしてセマンティック分析などを使っています。これはGavinのほうが専門家ですが、Steyvers & Griffithのトピックモデルを使ってラベリングを行い、グルーピング、クラスタリングというかたちで使っています。

セマンティック分析を使うことの興味深い点は、科学のマッピングを広いスケールで行うと、言葉の使用、科学をどう記述するのか、どうコミュニケーションするのが分野によって非常にバラつくことです。たとえばエンジニアリング、心理学、コンピューターサイエンスで、ワードの使い方が違うだけではなく、プロトタイプ、アーキテクチャーもまったく違います。ですからセマンティック分析を基に、コミュニケーションの変化をしようとしています。それほど広範なスケールで使われているわけではありません。

あとはスケーラビリティを考えました。たとえば100万のドキュメントで、それぞれのくらの単語が使われているのかはわかりませんが、これは膨大です。

別の問題は、引用を使ってペーパーのインターリンクを行うのが多いことですが、そのほうが異なる分野のリンクを見るうえでは有効だと思います。ですから今日では、ビブリオグラフィックのメトリックスを多く使うようになってきています。その中で、たとえば活動がどのように生まれるのか、特定の分野についてセマンティック分析等も行っています。これでお答えになったでしょうか。

ですから、組み合わせというのはいいと思いますが、より大きなスケールでは、こうしたリンクベースのほうが有効な気がします。リンクを行うにはさまざまな手法があります。たとえば二つのペーパーがあって、3番目が両方とも引用していれば類似性があると言えるかもしれません。あとは書誌“Kessler63”のアプローチで同じようなレファレンスがあれば類似性があると言えます。ダイレクト・サイテーションを使うこともできます。これはお互いに引用し合っているので関連性がある。もしくはセマンティック分析を使ってワードが類似しているということもできます。

あとは引用して書いている場合、もしくはキーワードが同じであれば類似性があるなど、さまざまな手法で類似性を特定できると思います。Dick Klavans、Kevin Boyakと私はローカルとグローバルなマップの正確性の研究を行いました。8つの類似性を一つのアルゴリズムでシミュレーションを使って、最もローカルな、正確性が高いものを特定することができました。

もしご関心があれば、そのペーパーを紹介します。ローカルでもグローバルでも正確なマップを使いたい。そして科学的な手段でバリデーションできるようにしたいと思っています。これが正しいと、見てわかる人はだれもいないと思います。ただ、どんどんズームしていけば、最終的には自分がわかる地図までたどりつくことができると思います。

司会 それでは今日の講演会を終わりにしたいと思います。後ろに実際にマッピングしたパネルがありますので、時間のある方はご覧いただければと思います。どうもありがとうございました。(拍手)

国際フォーラム「イノベーションとその取り組みを巡る国際動向」
セッション：「イノベーション測定」＜2007.3.12～3.13＞

1. 日 時： 平成 19 年 3 月 12 日（月） 14:00 ～ 17:00
13 日（火） 10:00 ～ 18:00

2. 場 所： 虎ノ門パストラルホテル

3. 参加者

海外招聘者：12 名（海外 5 カ国、3 機関）

国内招聘者：15 名

参加者：約 300 名

4. 主な論点

- ・イノベーションの世界的潮流について
 - 政府調達等、需要側イノベーション政策
 - 大学改革等イノベーションを生み出す人材の育成と循環
- ・イノベーション測定に関する各国の取り組み
 - 米国：「Science of Science and Innovation Policy(SciSIP)」プロジェクトの紹介等
 - アジア：インド、韓国での科学技術指標の取り組み。ANSTEP プロジェクト活動等。
- ・知識社会論分析からみた将来社会とイノベーションについて
 - 社会像（知識社会論文）の構造を可視化から社会ビジョンについて議論。
 - イノベーションに向けて「場」の重要性を指摘。
- ・知財政策の国際動向とイノベーション
 - 知財政策に関する国際動向、特に、アジアに注目。
 - イノベーションに向けての知財政策の在り方。

5. プログラム及び講演者

【3月12日(月)】(本館1階 葵)

- ・ 開会挨拶 14:00-14:10
黒田昌裕(内閣府経済社会総合研究所所長)
國谷 実(文部科学省科学技術政策研究所所長)
- ・ セッション 14:10-17:00
「イノベーションの促進 - 日米欧の挑戦」
司会：原山優子(総合科学技術会議議員、東北大学教授)
基調講演：黒川 清(内閣特別顧問、イノベーション25戦略会議座長)
Albert H. Teich (Director, Science and Policy Programs, American Association for the Advancement of Science, USA)
Lennart Grundberg (Policy Officer, Unit D1- Innovation Policy Development, Directorate D - Innovation Policy, Enterprise and Industry Directorate-General, European Commission, EU)

【3月13日(火)】(パラレルセッション)

- ・ (新館5階 ミモザ) セッション 10:00-12:00
「イノベーション測定」
司会：伊地知寛博(一橋大学助教授)
講演者：丹羽富士雄
(政策研究大学院大学教授)
Kaye G. Husbands (Science Advisor for Science of Science Policy, Social Behavioral & Economic Sciences, National Science Foundation, USA)
Hye Sun Moon (Director, Innovation Indicator Team, Office of National S&T Strategy and Planning, Korea Institute of S&T Evaluation and Planning, Korea)
Mariko Silver (Director, Strategic Projects, Office of the President, Arizona State University, USA)
S. Visalakshi (Scientist, National Institute of Science, Technology and Development Studies, India)
- ・ (新館6階 アジュール) セッション 10:00-12:00
「イノベーションと知識社会」
司会：妹尾 大(東京工業大学助教授)
パネリスト：緒方三郎((財)未来工学研究所知識社会研究グループ長)
柴田典子(横浜市立大学助教授)
乗立雄輝(四国学院大学助教授)
西館 崇(東京大学大学院)
コメンテーター：江口純一(内閣府イノベーション25特命室担当企画官)
- ・ セッション 13:00-17:30
「イノベーション政策及びイノベーション政策研究の動向」
司会：平澤 冷(東京大学名誉教授)
講演者：**Patries Boekholt** (Director, Technopolis BV, Netherlands)
Hariolf Grupp (Director, Fraunhofer Institute for Systems and Innovations Research, Germany)
Gerald J. Hane (Managing Director, Q-Paradigm LLC., USA)
Christiaan Holland (Partner, Dialogic Innovatie en Interactie, Netherlands)
Dirk Pilat (Head, Science and Technology Policy Division Directorate for Science, Technology and Industry OECD)
- ・ セッション 13:00-15:00
「イノベーションと知財(知的財産と経済発展)」
モデレーター：高倉成男(特許庁審判部長)
パネリスト：荒井寿光(知財評論家)
アラン・ローチ(世界知的所有権機関(WIPO)日本事務所長)
磯崎博司(明治学院大学教授)
山名美加(大阪工業大学助教授)

(新館6階 ロゼ/新館4階 アイリスガーデン)

- ・ ポスターセッション 12:00-16:00 / 16:00-18:00

セッション「イノベーション測定」

（司会） お待たせいたしました。ただいまより国際フォーラム「イノベーションとその取り組みをめぐる国際動向 イノベーション測定」を始めさせていただきます。司会は一橋大学イノベーション研究センター助教授伊地知寛博先生にお願いしております。それでは伊地知先生、お願いいたします。

（伊地知） 皆様、おはようございます。マイクの関係で着席して失礼させていただきます。私、このセッションの司会を務めさせていただきます伊地知と申します。

まず、このセッションのご登壇者を順にご紹介申し上げたいと思います。皆様向かって左手よりケイ・ハズバンズ・フィーリングさん。

〔拍手〕

（伊地知） 続いてマリコ・シルバーさん。

〔拍手〕

（伊地知） 続いてウン・ヘソンさん。

〔拍手〕

（伊地知） 続いてスリマサン・ピラサクシさん。

〔拍手〕

（伊地知） そして丹羽富士雄先生でいらっしゃいます。

〔拍手〕

（伊地知） まずこのセッションを始めるに際してこのセッションの背景、目的について簡単にお話させていただきたいと思います。

皆様、ご案内のようにここにイノベーション政策というのが近年非常に重要になってきています。それと同時にその政策を推進していく、あるいは評価をするということには証拠が必要、エビデンスが必要だということで、改めてイノベーションをいかに測定するのかといったことに非常に関心が集まってきているということかと思います。

この点については特にアメリカ、ヨーロッパが非常に進んでおりまして、その、特にアメリカについては後ほどハズバンズ・フィーリングさんのお話の中でも触れられるところがあるかと思います。

ただイノベーションを測るということなのですから、これは研究開発、R&D と違っていろいろな局面、要因が絡んでいるということがありまして、単にインプットを測るとかあるいはアウトプットを測るということではない、そもそもやっぱりイノベーションに関係して何を測るべきなのか。そしてどのように測るべきなのかということについて、もう1回改めて考え直してみることが我々専門家に求められているのだらうというふうに思います。

このセッションは2時間という限られた時間ではありますが、このように各界、非常にこの分野で先端的なご努力している、そういった方をお迎えしまして、特にこれは

日本で開かれることもありますので、今言った、どんなに広がりのある検討がされているのか、そういった情報を皆さんと共有し、また、課題がどこにあるのかといったことについてもこれから考えていくきっかけができればというふうに考えております。

このセッションなのですけれども、こちらにありますようにアンステップというイニシアティブがありまして、それのご協力をいただいてオーガナイズしております。このアンステップをリードされているのがご登壇いただいている丹羽先生であります。アンステップといいますのは、特にアジアの地域において情報の共有がなかなか難しい。科学技術政策、指標に関して難しいわけですけど、そこであるべく共通の情報インフラをもってやればお互いによりよい研究の展開、あるいは政策の展開を図れるのではないかとということを出されている、そういうイニシアティブであります。

それに対してもヨーロッパでは例えば既に欧州委員会等でトレンドチャートのような取り組みがありますし、いろいろ情報共有があるわけですが、我々、アジアの中にいる日本の者としては、やはり言語の問題等もあったりしてなかなかほかの国の情報を共有することがあるかと思えます。

これはもう日本の方についてはご案内かと思えますけれども、ちょっと最近のイノベーション政策の展開について簡単に振り返っておきたいと思えます。日本では科学技術、広い意味でもイノベーションも入ってくるわけですが、そういうことを方針を定める、基本的な政策方針としまして第3次科学技術基本計画がありまして、ご案内のようにこの中でイノベーション政策というのはかなり強く打ち出されています。またそれを受けてイノベーション創出総合戦略というのが出されました。また、この流れの中でいろいろな政策が展開されているというのが日本の状況です。

また、イノベーション25の会議がありまして、これも中間報告が既に公表されておりますけれども、長期にわたってイノベーションの実現ということのために国あるいは我々社会が何をなすべきかについていろいろな検討がされているところかと思えます。

イノベーションの測定ということでありますけれども、これはもういろいろなところでされているわけですが、例えば科学技術政策研究所に関係していることでいえば、まず上にありますように、我が国においても共同でイノベーション調査と、比較可能なように設計されました全国イノベーション調査というものを実施しておりまして、民間企業のイノベーションの状況を測るということをしております。

さらには科学技術振興調整費の支援をいただいて、もうちょっと何を測るべきなのかという、より広げた、そういった研究、そういうプロジェクトも展開されておりまして、ここにありますようにイノベーションプロセスであるとかイノベーションの効果からイノベーションの指標としてどういうのがあるのか。そしてイノベーションのシステムについてどのように考えるのかといった観点から研究が進められているところであります。

今日皆様の前にお座りいただいている方、それぞれのご所属やご役職とか並んでいるわけですが、こういったそれぞれタイトルでお話いただきます。まず、ハズバンズ・

フィーリングさんです。NSF の中でこの中にありましてサイシップという、まさにイノベーションを測定する、新たに考え直すということで、今研究のプログラムが展開されています。その責任者でいらっしやいまして、こういうのがアメリカの中で行われているその背景も含めて、これぞ存じかと、マーバーガー長官のお話もありますけれども、そういった背景も含めてお話を伺えるのではないかと思います。

それから続いてマリコ・シルバーさんはいろいろな指標、データがあるわけですが、そこでいかに政策形成のための情報を引き出すかということで、これまでいろいろアメリカの中で多くの研究、あるいは取り組みがされていますので、そのあたりをご紹介いただけるのではないかと思います。

これらお 2 人のアメリカの状況に対しまして、続いてアジアの状況ということで、韓国のムヘンソンから韓国の中で科学技術、あるいはイノベーションをどうとらえるかといった取り組みについてご紹介をいただきます。

続いてピスラクキさんでもご存じのようにインドは非常に今、アジアの中で中国と並んで非常に成長の著しい国であります。そういった中で特にバイオテクノロジーに関連してですが、いかにイノベーションの効果を測るか、そういったことに関するお話を伺えるのではないかと思います。

それぞれ 20 分ほどお話をいただきまして、その後、まずディスカッションとしてご登壇いただいている丹羽先生の方から質問をご登壇者の方に出していただきまして、またあと時間がありましたらフロアの皆さんを含めた形で議論を進めていきたいと思っております。

それではまず始めにケイ・ハズバンズ・フィーリングさん、よろしくお願いいたします。
(Kaye G. Husbands Feeling) 皆様、おはようございます。今日はお招きいただきましてありがとうございます。アメリカにおけます科学とイノベーション政策の研究についてお話をさせていただきます。“SciSIP (Science of Science and Innovation Policy)” と呼ばれているものであります。私は全米科学財団 NSF の社会科学、行動科学、経済、そちらのユニットの方で担当しております。今日は、私は R&D、リサーチ・アンド・デベロップメントでどういうところに焦点を当て、イノベーションでどういうところに焦点を当てていくのかということをお話したいと思っております。

NSF というのはミッションを持った組織ではなくて、基本的な科学を追求するものであります。そこで科学政策とイノベーション政策などの研究はどうすればいいのかということをお話します。

私、エコノミストですが、エコノミストがよく使うジョークがあります。私たちの今日の状況をよく示すものです。そのジョークとは、かぎをなくした男がいた。そして街灯の下でかぎを探していた。「どこでかぎをなくしたんだ？」と聞かれると、裏道の方を指さして「あそこでなくした。でもあそこは街灯がないから・・・。今、街灯があるところ、見えるところだけに焦点を当てて探しているんだよ」と。昔からのジョークです。

でもこれはなかなかいいジョークです。私たちイノベーションや科学的な努力、科学的

な進歩ということを理解しようとしているのですけれども、余り街灯がないわけです。データもなければ、モデルも十分にない。したがって科学的な、技術的なイノベーション活動などに関して理解する街灯がないわけです。

それからまたイノベーションのグローバル・エコロジーに関してです。もっとこれから街灯をふやしていく必要があります。もっともっと光を当てていろいろな科学技術に関して明るくなっていくようにと、ここ 50 年間やってきたことばかりに焦点を当てるではありません。

ですから私たちはそこに焦点を当てた形で“SciSIP”というものを打ち出しています。

それからもう 1 つイノベーションということに関して、私の目的のためにちょっと定義をもう少しここで試みたいと思います。イノベーションといいますと科学技術ということが中心になっています。例えば発見したものを市場化していくこと。発見をしてそれからイノベーションをして、それからその科学的な成果を市場化すると考えられています。プロセスイノベーション、製品イノベーションと考えられています。

でも私はそれに対して社会制度、そのイノベーションも考えたいと思います。いろいろな組織や制度、例えば IP、それから透明性、私たちの政治体制の中での透明性だとか、そういうものを含みたいと思います。

透明性というのは、私たちが科学技術の政策を展開させる上でインパクトがあるからです。さらにそれに加えて人材のイノベーション、人材をどのように使うかということのイノベーションも重要だと思います。科学技術、そのイノベーションと社会制度のイノベーションと人的資源のイノベーションということです。

そういうような幅広い観点からイノベーションというものに焦点を当てていきたいと思っています。

私たち NSF の活動というのが始まったのは、マーバーガー博士のなさった講演がスタートになっております。博士は 2005 年の 4 月に AAAS のフォーラムで講演をされました。そこでおっしゃいました。社会科学の科学政策というのは今まだ揺籃期にあるけれども、これを早く成長する必要がある。成長させて極めて複雑でダイナミックな今日のグローバルなテクノロジーベースの社会に関して理解をするベースをつくるべきだということです。

また秋にも、それからマーバーガー博士の話が繰り返しよく使われています。その後また去年の 9 月にも講演をされまして、私はそのときお目にかかりましたが、そこで彼は私たちがやるべきことの範囲をさらに広めていらっしゃいます。連邦資金の R&D というのは重要な役割を果たすと。それはイノベーションのエコロジー、イノベーションの生態学ということではエコロジー・オブ・イノベーションを強調したいと思います。

その役割を理解するべきである。そしてそれを持ち、いろいろな分野にどのようにして資金を分配するのが効果的かということを見つけ出さなければいけない。これはある国のイノベーション・システムの問題だけではなくて、グローバルな問題であります。いろいろな国の科学技術担当省を見ましてもこれは皆問題にしていることであります。

そういうことを勘案しながら私のプレゼンテーションを進めてまいります。

そうしますと“SciSIP”のゴールというのは何なのか。マーバーガー博士がおっしゃったことから見て私たちはこのようなゴールを持っています。使える知識や説を育成していくこと、科学技術政策を理解するための、そして私たちの投資がどのような効果を持つかということなのです。イノベーションのエコロジーとは何なのかをまず理解しなければ、この新しい電灯をいろいろとつけていくためには正確に測定などはできません。

そしてさらにいろいろよい測定が必要であります。つまり私たちの測定を改善させていく、拡大していくこと、科学のメトリクスやデータベースや分析的なツールを改善し、拡大することです。

気づいていらっしゃるかと思いますが、メトリクスに関して話をするときには私たち、しばしば歴史的なデータを見ていきますけれども、一番最近のデータベースというのが2003年、あるいは2000年となっているときにリアルタイムのデータ、現在のデータが必要なのです。そうしなければもっと効果的な科学政策は打ち出せない。それがサイシップのゴールです。

本当に私たちが現在のデータ、こちらが使えるようなデータをどうやって生み出していくかがゴールです。

それから科学者の集団を育てていく必要があります。実務家やリサーチャーやアナリストたちを育てていく。そしてそういう人たちがいろいろな証拠に基づいた形の科学政策を打ち出していく上に継続的に私たちの能力を改善させていくのです。いろいろな仮説やアドホック的な考え方に基づいたものでありません。

この3つをしていくことが必要です。よりよい理解、それからもっとリアルタイムの測定値、それからまたいろいろと実務者の集団であります。“SciSIP”を持ち、それを可能にしようとしているのです。

ここで重要ないろいろな質問があります。これから私たちのリサーチで重要なものです。クリエイティビティやイノベーションで欠かせぬ要素とは何なのか。2つ目にはこれからのテクニカルワークフォースの将来はどうなるのか。いろいろな変化の力にどのようにして対応していくのか。それからクリエイティビティや生産性に対するグローバルイノベーションの影響はどうか。特に科学技術の分野です。

それからまた、非常に違った形で的大幅な違いがあるかということ、例えば連邦政府のR&Dとまた民間のR&Dの間での投資やイノベーションの活動がもたらす成果に大きな違いがあるのかどうかということです。どれだけ効率的に私たちは資金を連邦と州と民間の投資に振り分けていくかが重要です。

最後に国家はどのようにして公立の大学を支援していくかということです。国家のイノベーション・システムに影響力を持っているパブリック大学をどうやって支援していくかということです。

しかし、ここで私たちが提供しようとしているのは万能薬を提供するものではありません。

そうではなくていろいろなモデルを提供する。それを用いてどうやって効果的な投資をするのかということ、いろいろな選択のポートフォリオを提供し、それをもち戦略的な決定を改善させていくということです。

これはブラックボックスではない。ハンドルがあって、そしてハンドルを回せば答えが向こうから出てくるというものではなくて、もうちょっとニュアンスのあるものです。

特にトランスフォーマティブなリサーチに資金を与えたいと思うのであればあります。どこから来てどこへ行くのかがわからないもの。いろいろなアイデアがどんどん出てきている。そういうときのものです。

次にアジェンダを設定するためのワークショップを私たちは持ちました。ここは余りしゃべりませんけれども、マーバーガー博士やそれから連邦政府の機関もよりよい測定、よりよい理解このイノベーションの生態系に関してよりよい理解を求めているのです。リチャーチャーもそうです。そういう活動を望んでいます。リサーチをベースにしたようなエコノミストや社会学者や経済学者、あるいは政治学者、それからケミストやバイオロジスト、エンジニアがいます。そういう人たちがこうした理解、イノベーションの生態系を理解するためのいわば火付け役をしようとしています。

そこでこうした活動をやっている方々からも今日はいろいろとご意見を伺いたいと思います。

それでは次に、私たち、今朝、検討しているもの、この問題というのは、イノベーション測定ということでありましてけれども、ではイノベーションの測定というところいう質問が、問題が提起されます。なぜイノベーションの測定に焦点を当てるのか。それからデータ収集のプライオリティは何なのか。それから“SciSIP”のプログラムがデータ収集のプロセスをどのようにして円滑化するか。それからこれから我々はどこへ行こうとしているのかということです。

まずその1つ目です。なぜイノベーション測定に焦点を当てるのかということです。タイヒ先生がきのう全体会議でおっしゃいましたが、私たちがここで理解しなければいけないのはアウトカムです。経済的なアウトプットだけではなくてアウトカムです。我々は無形のものもあります。人々の福利安寧に関するものです。

『イノベーション 25』を見ますといくつかの“well-being”のコンセプトが出されています。それこそ私たち全身の究極的な目的であると。R&Dといった場合には最終的にはセイフティとセキュリティと健康である、教育の前進であると、いろいろ言われております。そういう概念を我々も前進させていきたいと思うのです。

でも経済的なアウトカム、成果物にも我々は目をやりたいと思いますし、それからまた究極的なアウトカム、この福利安寧ということでは何が究極的な成果なのであるかということです。

ではその次にデータ収集のプライオリティは何なのかということで、これは次のスライドです。科学リソース・スタティスティクス・グループというのがあります。NSFというと

ところで、SRS といいますけれども、R&D のスタティスティクスといえば連邦的な貯蓄庫のようなものであります。この SRS がデータを使っている人たちにいろいろ質問をしました。国勢調査や経済局やいろいろなリサーチをしている人たち、データを使っている人たちにどのようなプライオリティがあるのか。どういうところで新しい街灯が必要なのか。その答えはこうです。

R&D だとかイノベーションのデータを会社のレベルのもっと下のレベル、工場レベルですね。例えば多国籍企業など巨大なものがあります。そしていろいろな国でそこでリサーチをやっている。そうしますと、その会社のレベル以下のところでいろいろな工場のレベルで必要なのです。いろいろな工場レベルでどのように行われているかということのデータです。

それから 2 つ目には資金源ですね。R&D やそれからイノベーション活動への資金源に関するさらなる情報です。きのうはコンペティティブネス・インデックスということが競争力協議会ですけれども、グーグルでウェブをされると見つかりますけれども、報告書の話がありました。その報告書の中にチャートが載っています。いろいろなファンディングソースというのですが、2005 年のエンジェルインベスター、210 億ドルの投資がなされましたし、ベンチャーキャピタルでも 224 億ドルが投資されています。国のベンチャーキャピタルの資金、プログラムでは 22 億ドル近くが 2006 年には投資されています。連邦プログラムでは 20 億ドル、2004 年です。これはリアルタイムのデータが必要です。

それから企業のベンチャーファンドは 11 億ドルで 2005 年があります。どこが一番リソース、R&D に投資するときどこからのものが一番資金源としては効果的なのかということです。

では次ですが、“SciSIP”の方、いろいろと戦略を検討しました。先ほどのものにも出てきておりますけれども、時間の制約がありますので、どうやって“SciSIP”がデータ収集プロセスを円滑化するかということであります。それは R&D サーベイのデザインのやり直し、新たなデザイン、それからイノベーションに関してのモジュールもサーベイに入れる必要があります。それからデータのフレームやリンクやアグリビリティを改善する必要があります。つまり小さなところから、州、国、それからグローバルな要素です。グローバル化が必要で。

これは NFS でも、ほかのアメリカの機関でも、あるいは OECD でも、彼らはとても R&D の資本化に関して興味を持っています。Martin Fleming、ご存じでしょう。IBM、これを行っています。話をしています。パテントを見るだけではなくて、それだけでは十分ではありません。それだけでは効率的ではありません。どうやれば本当に真に新しい R&D、あるいは研究やイノベーションの成果を理解することができるのか。そしてそれを資本化できるかということです。それは私たちの国家の収入にいかに取り込むことができるか。それがゴールであります。

2012 年をデッドラインにして、それに向けて前進していきたいと考えています。R&D の

資本化ということに関してです。そしてそのほかの連邦機関といろいろと協力をしていくこと。R&D メトリクスに関してです。これはいろいろとそうした協力が必要でありまして、これは BEA だけではなくて OECD との協力も必要です。そのほかの国際機関とのコラボレーションも必要です。そうですね。この前進をメトリクスで行うためにです。

それからリサーチサイドでも前進が必要です。よりよいモデルを提供するためにです。いずれにしてもメトリクスでの協力が必要です。

そして最後に申し上げておきたいのが、新しいサイバー・インフラを使いたい。あるいはサイバー・インフラをベースにしたようなデータの抽出やマッチングや操作の技術を使いたいということです。これは極めて重要です。サイバーツールのテクニックをまた、Q&A セッションで皆さんとお話したいと思います。

どんどん時間がなくなってしまうかもしれませんが、でもまだもう少し言いたいことがあります。SRS の調査を見てみますと、今わかると思いますが、最初のデータを集めたものが左の方に出ております。そしてさらに SRS の調査を再設計した結果が右の方に出ております。このポツを見てください。比較をしていただきますと、相当変わってきていることがわかります。政府が一番最初に R&D の財源であったのですけれども、いまや企業です。また製造業からサービス業へと移っています。イノベーションと研究開発がサービス産業でも大変にふえてきているということでもあります。

製造業だけを見ていては現実がわかりません。それからグローバルにフォーカスが当たっています。グローバルのイノベーションの流れを見なければなりません。知識、それから財政、そしてそのほか資金、労働力のグローバルなフローを見なければなりません。ただ国の労働力、また政治、すなわち科学、エンジニアだけを見ていてはいけないのです。それでは十分なやり方ではありません。グローバルに研究が行われています。イノベーションはグローバルに行われています。

ですからこのイノベーションのシステムのグローバルなリンクを忘れてはいけません。

それから2つのスライドをこれから見ていただきます。

これを見ていただきますと、皆さんのお手元の資料にこれがございます。これを見てくださいますと連結性がわかると思います。SRS が使っているものがわかります。どういう形で新しいデータセットをつくっているか。それがなければ21世紀のR&Dとイノベーションの現状を知ることはできません。

お手元に入っていますね。ですからこのことについてまた後で出てくるかもしれませんので、次にいこうと思います。

では、これから将来はどうなるかということについてのお話です。次にダーク的なことを言ってみますと、私たちは3つ、3年から5年間のことを考えております。何を期待しているか。新しい調査、データベース、インディケーター、ベンチマークを出したいと思っております。

SRS がつくっただけではなくて研究者、またそのほかの機関、国際協力によってこれらを

出したいと考えております。新しい方法、モデル、ツール、これによってデータのコレクションのプロセスがわかります。イノベーションのシステムを知るためにはきちんとしたデータが必要であります。ただ単に今までやったようなやり方では十分ではありません。もっと早くしてもスケールを大きくしてもだめです。やっぱりシステムをよくやるためには何か忘れていないかを見ていかなければなりません。グローバルなリンケージをするためにはサイバーツールが必要です。次お願いいたします。

SRS は、何がどういつ起こるかという調査についての予定を出しております。2010 年を求めてやっているわけですが、スライドに出てきませんけれども、2010 年までにはデータを出したいと思っております。このプロセスを通じて、新しいデータセットのモジュールを出したいと思っております。

今までやったことを忘れたわけではなくて新しいものをつけ加えていくということでもあります。今度は中期ですから 5 年から 10 年先を考えておりますが、ここで考えるべきことは次のことです。このコラボレーションによって新しいモデルが出てくる。例えば社会行動学者、科学者、地質学者などの協力です。このようなコラボレーションが必要でありますし、またバーチャルなコラボレーションも必要だと思います。バーチャルにコラボレーションする組織、例えば認識心理学者に入ってもらって、ラボでエンジニアがやっていることに対しての協力をすることで、科学の発見、イノベーションのためにはこのようなコラボレーションが必要であります。

私たちはこのようなランポストをつくることを、街灯をつくることを考えています。長期としては、やはりきちんとやっていくグループをつくっていきたいと思っております。さらに測定方法について理解することが必要だと思います。イノベーションの生態学、エコロジーを理解してもらいたいと思います。以上で終わります。ありがとうございました。（伊地知）ありがとうございました。次に移りたいと思います。ではシルバーさん、お願いします。

（Mariko Silver）まずお招きいただきましてありがとうございます。来日でできてうれしく思います。アリゾナ州立大学から参りました。アリゾナはカリフォルニアの隣にあります、ご存じではないかもしれませんが一応申し上げておきます。アリゾナにおきましては、地域のイノベーション・システムに取り組んでまいりました。そこで少しこれをご紹介しますと思います。いかにこのリージョナルな地域のスケールでイノベーションをとらえるか。そしてアリゾナにおいて我々の独自の地域のイノベーションを計測する、測定するための指標をご紹介しますと思います。たくさんのチャレンジがあります。

これがこれからのお話の概要ということになります。主として政策形成のためにデータの利用ということです。いかにデータに文脈を当てることができるか。そして政策決定者がうまく使うことができるように、そしてまた一般市民に対して透明性が上がるようにということです。

今現在出ているのは統計的な表だとかグラフです。これは我々のような多変数解析のこ

とがわかる人にはいいのですが、多くの一般市民にとってはこのデータにアクセスしてこの意味を理解することが難しいわけです。例えばイニシアティブというものがアリゾナにおいてあります。したがって投票者は投票することによって決まります。一般市民はある特定のイシューに関して票に付すわけです。そこで、例えば州として、このサイエンスに補助金を出すべきかを問うわけなんです、しかし一般市民、投票する人たちとしてはいかにこの科学に対してどのようなインパクトがあるかということが、データがアクセスできなかったら理解できなかったら、これが判断できないわけです。あとはマスコミの報道の仕方に頼ってしまうわけです。あるいはほかの情報としても偏りがあるかもしれない。したがってデータフレンドリーな環境を実現したいわけです。

またもう1つお話ししたいのは、なぜローカルレベルで考えるのが重要かということをお話したいと思います。日本では地域のイノベーションポリシーが今どんどん振興されていていいと思います。もっとそれを私も学びたいと思います。アメリカにおきましては非常に強い動きがありまして、地域のイノベーションの努力が高まっています。

これがなぜ重要なのか。そしてこのようなトレンドが認められるかもお話したいと思います。

またイノベーションというのは単にローカルなものではありません。グローバルなものもまたイノベーションでありまして、各地域のイノベーション・システムがうまくいくのであれば、これらがリンクしてグローバルなイノベーション・システムとして構成されるはずです。したがってどうやってこれを測定することができるかを考える。いかにローカルの政策策定者、そして決定者、一般市民がローカルの企業、企業家の活動、学校、大学のアクティビティが理解できて、それがグローバルにつながるかということです。いかにこのような複数のレイヤーからなるフレームワークを理解することができるかをお話したいと思います。

これをお話するにいたしまして、少し見方を変えてみたいと思います。いかに新しい方法でデータをとらえることができるか。視覚化することができるか。そしてデータをプレゼンテーションできるかを考えたいと思います。

もう1つ、最後のテーマといたしましてはイノベーションのモード、様式、方式が変わっております。製品プロセスのみならず、制度であるとか組織のイノベーション、あるいはユーザー志向型のイノベーションというのがあって、今までにはなかったようなイノベーションがある。こういったものをどうやって測定するのかということです。国のレベルにおいてはリソースが測定をする際により多いわけなのですが、あるいはローカルレベルはどうするのか。エコシステム、環境のイノベーションはどうなのかということを考えたいと思います。

たくさんイノベーションの指標はあります。特にアメリカにおきましてよく使うのが、複数のソースからの尺度を総合して使っています。これが役に立つこともあります。いろいろな観点をとらえることができる。しかし非常に混乱することもあるわけです。非常に

相反するデータが出てくることがある。そしてタイムスケールが一致しないこともあります。ドクターハズバンツフィーリングもおっしゃいました。

まとめることができるか、あるいはばらすことができるか。このスケールをうまく使える形で常にそういったスケールのデータが集まっているとは限りません。1つ我々にとっての大きなアリゾナ州立大学におけるフォーカスといたしましてはどうやって政策決定者、そして一般市民にデータを理解させることができるかです。どういうデータなのかということだけではありません。どのような欠陥があるのか。どのような課題がデータに内在するのかということ、例えば互換性の問題があるかもしれません。

そしてタイムラグの問題があります。全くデータをリアルタイムで届けること、あるいはデータの不整合もあるわけです。すなわち、データを測定する際のタイムスケールの不整合があります。そういったラグがある。

それから政策のずれもあります。これはとても重要で、なかなかこれを伝えるのが難しい点です。したがって2007年、政策が変更になるかもしれない。でもイノベーションのインパクトが出てくるまでどのくらい時間がかかるのかという問題があります。

この一般市民としてもポリシーメーカーとしても長期的にとらえられることも重要です。

これはまた後でお話があると思います。競争力協議会に関してなのですが、少し申し上げておきますと、これはデータフレームワークであります。これはよく使われます。特にローカルレベルで使うフレームワークです。この協議会がデータセットを州レベルで作成するからです。そうしますと州レベルで政策決定者が非常に使いやすい形になります。

ただよくあるのはインプット、アウトプットのフレームワークに入れられるわけです。でもイノベーションはもっと複雑なものということがわかっています。どうやってイノベーションというものをより複雑、単なる直線的なアウトプット、アウトプットではないということを伝えることができるかです。場合によってはインプットがアウトプットになるし、アウトプットがインプットになることもあります。

また特許というのがこのイノベーション、あるいは発明の尺度としてよく使われます。ただ特許でとらえられないところがたくさんあるわけです。でもよくこれを使うわけです。きのうもお話の中で出たと思いますが、これも大きな課題、チャレンジです。

それではどうやって新しいツール、そして新しい比較化ツールを使うことができるのか。あるいはほかのデータの理解の仕方を活用できるか。そしてデータをうまく届けて、このデータを新しい形でとらえることができるか。新しい分析ができるか。いかにこのデータの視覚化のツールを使ってより深い理解を促進することができるか。イノベーション、そして使っているデータに関して理解を深めることができるかということが問題となります。

それで、このデータの再編成、もうあるデータに関して再編成ができるかもしれません。新しい領域のデータもあります。そしてこのメトリクスを収集しなくてはいけないところもあるけれども、一部もう既にあるデータをリ・オーガナイズ、再編成することもできる。そしてデータポイントからの相互の関係の結びつきを理解することができる。あるいはシ

ナリオビルディングもできるかもしれません。政策の意味合い、あるいは投資の意味合いを評価するためです。

いくつかの例ですが。皆様の中にもこれをご存じの方、ご存じでいらっしゃるかもしれませんが、この詳細は割愛いたしますが、こういった結果が出てくることがあるわけです。例えば今申し上げたようにエコロジスト、社会科学者、化け学者、みんなを集めると複雑さに取り組んでいる人たち、そしてこのデータポイントを異なった形で理解しようとしているわけです。

1つの例ですが、左側で、これは特許、よく使われる尺度です。ここで見ているのは関係なのです。アイデアとアイデアの関係で、特許というのは単独で存在するわけではないことで、発明もしかりです。さまざまなアイデア、特性がかかわっている。そしていかにこれがイノベーションのシステムに、先行技術にフィットするのかです。

あるいはアメリカの特許の階層にフィットするのか。これを理解しなくてはいけない。もっとこの特許に関して全体的なとらえ方ができなくてはいけない。そうすればより容易に活用できるはずです。

もう1つの例です。いかにマッピングができるかということですが、少し見にくいと思いますが、お手持ちの資料2にも入っております。オンラインでもアクセスしていただけます。こういった形でインターコネクションを考えることができるわけです。相互に関連しているということで、大きなイノベーション・システムの特徴としてはインナーコネクション、相互の接続性、関連性ということです。これはすべてネットワークの環境で実現します。リニアではありません。あるいはフラットな環境ではなくて、多次元的なネットワークで生じます。

新しい助成プログラムのイノベーションに関して、システムに関してあった場合にはその効果をどうやって測定するか。ビジュアルな形で研究者のコネクション、あるいは助成金とマッピングすることができるか。そういった形でこういったブランドプログラムのインパクトをはかることができるでしょうか。こういう捉え方です。

これは国のレベルでより関連性、妥当性がありますが、ローカルでもこれを使うことができます。例えばアメリカにおきましては私の州、アリゾナ州におきましての大学の1つがある連邦政府から助成金を受け取ったとします。その場合は州として、それを最大活用できるか、投資を活用できるか。それを判断する際にもっと全体論的な形でこのインパクト、潜在的なインパクトを助成金に関して捉えることができたなら、よりインテリジェントな投資を州レベルですることができるようになるかもしれません。

1つ例です。どうやって我々としてデータをよりアリゾナ州立大学で利用しやすくするかということで、ディシジョンシアターという場所をつくりました。これは3次元的な環境でありまして、政策決定者、市民であるとかサイエンティスト、みんな一緒に連れてきてまして議論してもらうわけです。我々のコミュニティにインパクトを与える 이슈ーに関してです。

例えば1つの例といたしましては環境管理に関してです。環境保全に関してです。上の写真ですが、これは3次元で見た方がずっと印象的なのですが、こういう形でビジュアル化することができるわけです。新しい政策、水管理、ゾーニングを変えた場合にはどのようなインパクトがあるかを視覚的にとらえることができる。そして議員であるとかみんなを一緒にの場所に連れてきて、このポリシーになったら、こういうふうにゾーニングしたらどうなるかを議論させる。しかも同時に視覚化することができるわけです。

そうしますと非常に理解の仕方が変わってくるわけです。特に素人にとって全く異なった形で政策の潜在的なインパクトが何かをとらえることができます。

今は余りイノベーションポリシーを使っておりませんが、活用することができます。例えば各科学のファンディングに関しましてローカルレベルで、あるいは連邦レベルでどのようなインパクトがあるかを検討することができるわけです。そしてこれをいろいろとシナリオを操作してみて、どうなり得るかを各意思決定ごとに把握すること、分析することができるわけです。

それではローカルレベルに戻ります。なぜ地域にフォーカスするのかです。

さまざまなエビデンスがありまして、地域の状況によってイノベーションが進むことがわかっています。そこで1つわかっているのは場合によって、例えばシリコンバレーがいい例ですが、ほかにも地域的にここでイノベーションホットスポットというところがあるわけです。なぜそういったところがホットスポットになり得るのかに関してはかなり研究がされておりますが、アメリカにおきましてはまだ十分指標がありません。あるいは十分なスケールがないということです。したがって理解ができない。都市レベルで理解できない。あるいは下のレベル、地域レベルでどうかということ。イノベーション、そして州を越えたらどのようなインパクトなのか、それを測定できるような十分なデータがない。これらのすべてのローカルなスケールのイノベーションの環境、これ全体が相まって国の、全国のイノベーション・システムになるわけです。

いくつか例を出したいと思います。アメリカでは一体どういうことが起こっているかということ、ここ2年ぐらいですけれども、イノベーション政策がローカルなレベルで非常にふえています。このローカルといいますとここでは州レベルであります。そのほかにも市町村のレベルというのがあります。そういうところでもイノベーション政策をいろいろと行なっております。

これはどれぐらいの資金が与えられているか、それからどのぐらいのスケールでというのが今の図であります。

イノベーション移行システムということがよく言われています。イノベーションの生態系ということです。きのうもそういう話が出ましたし、ドクターケイもお話になりました。イノベーションのこの移行システムというのは、イノベーションの環境で何が起きているかということを見る上でとてもいいアナロジーです。例えば知識をつくるためのサブシステムだとか、技術をつくるためのサブシステムだとか、どれぐらいのベンチャーキャピ

タルがあって、どれぐらいの大学があって、どれぐらいの学生が卒業して、どれぐらいの資金があるかとか、こういうことは全部、しかし相互に関連していて、お互いに影響し合っているのです。だから移行システム、あるいは食料連鎖、食物連鎖など、このような概念がよく出てくるのです。

イノベーションを測定するときにエコロジスト、生態学者、そういう人たちをやはり取り込んだらいいかもしれません。非常に複雑系のモデルというのがあります。それがやはり人間のイノベーション・システムにもわかるのではないか。お互いにイノベーションに満ちた環境をつくるためにそれぞれがどのように相互作用をしているかということです。

こうしたそれぞれのローカルなイノベーション・システムはもし成功すれば、そのいろいろな複数のイノベーション・システムにつながっていくわけで、そのたった1つのイノベーション、孤立したイノベーションなんていうのはないわけです。そんなことをすれば死に絶えていきます。お互いに相互関連性がある。

今ではもっともっと複雑さがましています。データの理解やデータの測定やそういうことに関してもです。そして今アメリカでは物事を測定するときに時間を越えて、空間を越えていろいろ測定をします。次です。

でも、私たちはその相互関連性、空間の相互関連性ということを余り見ません。州と州の間で競争したり、あるいは日本とアメリカの間で競争したりしますけれども、そういうことは見ますけれども、いろいろな国の間での、あるいは州の間でのそういうようなコネクションに関しては余り研究しません。

そのようないろいろな相互の関連性はその地域のイノベーションエコシステムにどのように影響を及ぼしていくかということが重要です。これはいろいろな大きな論文を書くときにもほかの人たちと共同執筆するというようなそういうこと、この地図だけ見てはどこに人がいるかはわかりませんが、これを空間と時間を通して、実際にこうした科学者の間のインターコネクションはどのようにしてつくられているかを見ることも大切でしょう。物理学というのも内在的にインターコネクションが必要なものです。フィジックス、物理学の中で、あるいは物理学と化学との間でと。

では、私たちはインディケーター、指標から一体何を学ぼうとしているのか。これがこの会議のテーマでもあるのです。私たちの世界の状況をこうした指標を使ってとらえようとしているのです。そのインディケーター、指標をさらに磨いていこうとして、もっと正確なものにしようとしても、しかしながら私たちの地球そのものがどんどんどんどん変わってきている。その変わっていくものをどうやってとらえるのか。次のスライドです。

私たち、きのうもこれ少し話しました。またお互いにちょっとそれぞれと話をしながらやりました。次のイノベーションの波はプロセスに依存するものです。それから制度的なイノベーション、あるいは製品のイノベーション、それからまた学際的に駆動されるようなイノベーションや分散的なイノベーションのネットワークです。そうすると次のイノベーションの先端はどこにあるのかです。

例えばユーザーがどんどん進めていくような、ユーザーが牽引車となるようなイノベーションです。エリックさんがこの点に関してよく話をします。これは彼のところから借りた物です。ユーザーが駆動するようなイノベーションを私たちのイノベーションのマトリクスにどのように組み込むのか。パテントのスタティスティクスのチャンスであらわれてくるかもしれません。R&Dの資金でも、偶然にあらわれてくるかもしれません。

でもそれは全然パテントの中にでもあらわれてこないかもしれません。本当にパテントだけ見ては一番イノベーションに富んでいる会社はどれかということはわからないこともきのう言われました。ICTでオンラインで起こっているもの、リニックスもそうです。これはどんどんとイノベーションがそこで起こっているわけです。グーグルがやっていることもそうです。製品をいろいろデータとして出している。人々がそれを使ったり考えたりそれを元に考えたり、それで遊んだりしているのです。Wiiも。私はWiiは持っておりませんけれども、もしWiiを持っていて、コンピュータープログラマーだったら、私はそれをいろいろと分解して、もっとそれをどうすれば改善できるかをやりたいでしょう。

それから任天堂もこういう問題にどうやって対応するのか。任天堂も自分たちのイノベーションプロセスにそれを統合化できないか。できるとすればそのイノベーションのエコシステム、生態系に関して一体何がそこからわかってくるか。つまりそれはイノベーション・システム、この理解に関して、理解を高めていく上でどうやってそれを捉えるかということなのです。

こうしたイノベーションの多くは特にアカデミアから、学会から出てきているイノベーションというのは学際的な環境から出てきているというのは知っております。ですから私たちの政策というのは、これからもこの学際的な環境を奨励していくような、そしてまた私たちのマトリクスもそういう学際的なイノベーション、そちらを奨励していくような形で必要になります。それがパテントで成果を生み出したら、そうした学際的なチームが実際にそこでグラントが得られる、助成金 that 得られるかもしれない。新しい考え方がどんどんとそこから生まれてくる。そしてそれがもっと目に見えた形でのイノベーションとして出てくるかもしれません。

これはまた先端、リーディングエッジ、これをマッピングしようとするものです。次の波、次の局面はどこにあるのか。こうしたイノベーションの活動、例えば学術的な環境の中で次の学際的な研究、有望なのはどこなのか。あるいはまた、私たちの資金メカニズム、これがうまくこの中で取り込まれるようにしていくことが必要です。

このようなマップを使ってやっていけば、私たちはイノベーションの波がこれからどこに行くかがわかるかもしれません。

私は先ほども申し上げたと思いますが、この後でまたこういうことについてお話ししたいと思います。制度のイノベーションも極めて重要になってきています。イノベーションのあらゆる全域を考えなければいけない。特に大学での制度的なイノベーションは私の専門でもあります。

もう時間がなくなりましたので今ここではお話しせんけれども、1つ私たちが考えなければいけないのは、例えば高等教育です。高等教育機関リサーチ、ベーシックのものでも、それからユーザーのためのリサーチも多くのが大学で行なわれておりますし、基礎研究や応用研究などもです。大学が、例えば今運営されているやり方をどう変えれば違った形でのイノベーションの環境をつくっていくかということ。そしてまた私たちがイノベーションを考えるときには、どこまで幅広くしたいかということです。

これはフリマ・ネサースから出たものです。デビッド・フォーエーからもです。彼らは最近記事を書きまして、2007年の1月にこれは出版されたと思いますが、ここでイノベーションのフロンティア、あるいはイノベーション・インディケータ、指標のフロンティアがどんどんと動いていっているということを言います。ここが一番上の方のピンクのドットです。あそこは一体何が入るのがわからないのです。私たちがあそこに何が入るかわからない。フロンティアがどんどんと変わっていっているからです。

私たちが1950年代に測定を決めて、それをずっと守ってきたというのではなくて、フロンティアがこうしてどんどんと動いていってしまう。そうすると私たちが使ってきたいろいろな措置、測定措置もどんどんと変えていかなければいけないということです。

そのような時系列的なものは全部落としてしまえばいいというわけではないのですが、そのような時系列的なものをさらに補完する形で、新しい形での測定を導入していかなければいけない。イノベーションを本当に理解するために、イノベーションが今日では非常にネットワーク化されていることを理解するためにはそれがが必要です。

以上です。こういう点はまたディスカッションのときにさらに詰めていきたいと思います。

(伊地知) ありがとうございます。ムーン・ヘイソン先生にお願いいたします。

(Moon, Hye Seon) 皆様、おはようございます。お呼びいただきましてありがとうございます。私は韓国の政府の研究機関、KISTEPで働いておりまして、私、科学技術のインディケータ及び研究開発の統計を行う立場にあります。私は国の科学技術についての測定のインディケータについてお話をしたいと思います。科学技術が経済成長のための最もダイナミックな、そして決定的な要因となっております。また、これが近代社会への進展のためにも必要であります。科学技術が大変重要でありますので、OECDはこれこそが国の競争力の中核をなすものであると言っております。特に科学技術の役割は韓国では非常に強調されております。というのは、韓国は現在インプット志向の経済から知識ベースの経済へと移ろうとしているからであります。

それでは韓国の科学技術はどのようなものでありましょうか。3つのインディケータを見ますと韓国の科学技術の立場がわかるかと思えます。では次のスライドをお願いいたします。

この図を見ていただきますと、R&D支出の年平均成長率を1995年から2001年まで見たものであります。これを見ていただくとわかると思いますが、韓国の研究開発支出の年平均

率は7.5%でありまして、OECDのほかの諸国よりも高い数字となっております。

次のスライドを見ていきますと、OECD 諸国の1人当たりのGDPを見ております。ということはその国のパフォーマンスレベルを示すものでありましょう。この図でおわかりと思いますが、韓国のパフォーマンスレベルはアメリカの34%にしか過ぎないということで非常に低いということがわかります。

次のスライドです。この図を見ていただきますと、1時間労働時間当たりのGDPであります。2002年を見てみますと、この国の生産性のレベルがわかります。この図を見ていただきますと韓国の生産性レベルは米国の36.7%にしか過ぎないということで、OECD 諸国でメキシコの次に低いと、下から2番目になってしまっていることがわかるかと思います。

さて、これまでお目にかけました指標を見てみると韓国のパフォーマンス、実績と生産性レベルは非常に研究開発費の伸びが高いにもかかわらず低いことがわかります。もしそうであれば、研究開発の支出を増額しても、だからといって韓国の経済のアウトプットが成長するとは限らないことになります。そういうことで韓国の科学技術の活動を全体的に見ることが必要であることがわかります。

さて、科学技術の指標を使うことによって、どういう問題があるかを理解することができます。科学技術の変化、トレンドの変化を捉えることができるからであります。しかしながら、だからといって全体的な国の科学技術を理解するだけでは十分ではありません。と申すのは、全体像を見ることは難しいのです。余りにもたくさん指標があるからです。

したがって指標の数を少数にすることがいいと思います。そういうことでいくつかをまとめることによって総合指標をつくることによって、例えば副指標をまとめる形で科学技術の全体図を見ることができらるかと思います。

さて、複合指標をつくるやり方はこのようなものであります。まず第1として対象をきちんとあらわす、納得できるモデルをつくることとあります。我々のケース・スタディの場合で、我々の目的は全体的な科学技術の環境にすることとあります。

第2としては、目標を達成するためのモデルをつくることとありまして、科学技術の指標を開発し、そしてそのモデルのためのヒエラルキーを決める、そして科学技術のための指標を設立し、文献調査、専門家の調査などを行います。

次のときはインディケーターのデータを集めて正規化いたします。これによって、というのはいろいろなスケール、いろいろな幅によって示されていますので、それを正規化することが必要であります。

また、正規化した指標の加重した和を使うことによって複合的な指標をつくることができます。

最後が全体的な科学技術を統合することができます。

さて、これを見ていただきますと、国家の科学技術を理解するためのモデルであります。科学技術というのは非常に複雑なものであって、その因果関係は複雑なものです。すぐわかるようなものではありません。しかし複雑性があつたとしても私たちは国の科学技術の

活動をこのモデルのように単純化することができます。これは経済的な観点から見ても、基本的な特徴に基づいた形のモデルとなっているからです。

したがって、我々は国の科学技術の活動がまず最初にシンプルなオペレーションとして出すことができます。まず R&D の研究開発のインプットを投資するというようなもの。例えば R&D の支出であるとか人材、それが今度は R&D のアウトプットをつくります。例えば科学技術の論文であるとか特許などを見る。そしてどれだけ国の経済成長に寄与したかを見ることができます。

したがって国の科学技術の活動を 3 つの軸から考えます。R&D のインプット、R&D のアウトプット、経済的なアウトプット、R&D は研究開発です。それからそれだけではなく、科学技術の効率性を定義することができるでしょう。この効率性は R&D のアウトプットを R&D のインプットで割る。また経済の効率性は、経済のアウトプットを研究、R&D のアウトプットで割ることによって得ることができるでしょう。

こちらに示しますのはこの科学技術指標、そしてその階層です。ごらんのようにそれぞれのテーマはいくつかのサブ指標からなります。例えば研究開発インプットの項目ですが、3 つのカテゴリーから構成されます。すなわち、研究開発の人材、支出、ストックです。カテゴリー、研究開発の人員材に関するカテゴリーは 2 つの研究開発指標、例えば研究者の人数、そして研究開発人員の供給から構成されます。全部で合わせまして 11 の科学技術指標が出てきます。定義できます。次お願いします。

次のステップですが、総合指標を割り出します。そのためにサブ指標の加重和をとります。我々はデータを科学技術指標用のデータですが、OECD のデータブック、ウェブサイトのものを使いまして、それを正規化しました。次のステップは、この重みづけの方法を決めるということです。いくつかの方法、重みづけがあります。任意的な方法、統計学的方法、あるいはエキスパートの調査をする方法があります。いろいろな重みづけの方法がありますが、その中で我々はエキスパートサーベイを使用しました。これは人間の主観的な判断というのが効果的にとらえられるからです。

そしてまた言語的な変数を用いることができます。そして人間の思考というのをとらえることができるからです。

次のステップですが、総合指標をこの韓国、そして先進諸国 5 カ国、すなわち米国、英国、日本、ドイツ、フランスのそれとビジネスアウトプットインデックスに、指標に関して比較いたしました。こちらが研究開発インプットインデックス指標を示しております。

この値を見ますと韓国がここで、そしてトップがアメリカ、第 2 位が日本、そしてドイツ、フランスと来て、韓国は一番下につけています。研究開発アウトプットに関しては韓国のレベルはアメリカのわずか 10% です。失礼。この研究開発インプットインデックスに関しましては韓国のものはアメリカの 10%、日本の 14%、ただ伸び率としては 17.6% と高くなっております。

こちらに示しました研究開発アウトプットインデックスで、韓国のレベルの研究開発ア

アウトプット指標というのは、これらの国々では一番低く 10%です。しかし最も速く伸びていることもわかります。

こちらに示しますビジネスアウトプット指標です。すなわち、経済アウトプット指標ということです。韓国の経済アウトプット指標は徐々には上昇しておりますが、相対的な水準としてはこれらの国々では一番下につけております。

さらに、総合指標の理解を深めるために、このシンプルな線型解析分析をエコノミック、顕在アウトプットインデックスが研究開発インプットインデックスに関してに対する分析を行いました。このログ線型回帰の係数は弾性を示します。すなわち研究開発のインプットが1%伸びるとどれだけビジネスアウトプットが上がるかを示します。そしてごらんのように韓国におきましては、1%研究開発インプットが上がると、ビジネスアウトプットは0.37%上昇します。

これに対しまして同じ分、研究開発のインプットが上昇すると、ほかの先進国5カ国においては0.52%ビジネスアウトプットが上昇することがわかります。この結果に基づきましてわかることは、言えることは、韓国として研究開発のインプットを最終的な経済アウトプットに変換できる能力、すなわち効率ということはほかの国々、先進国と比べて遅れているということです。

さらに効率を理解するために2つの研究開発効率総合指標を開発しました。前に申し上げたとおりです。定義いたしました。そして2つの研究科学技術効率指標を計測しました。この研究開発効率指標というのは研究開発インプットインデックスを経済開発アウトプットインデックスで割って得ることができます。またビジネスアウトプット指標に関しましてはビジネスアウトプットインデックスを研究開発アウトプット指標で割ります。

こちらは韓国、そして5カ国、先進国の研究開発効率インデックスの指標です。ごらんのように研究開発効率の指標は英国が一番高く、米国が第2位につけております。そして次が日本、フランス、ドイツ、そして韓国の順です。

韓国の研究開発効率は一番低い水準で、時間がたってもそのまま5カ国、先進国と比べると最下位になっております。

こちらに示しますのはビジネス効率指標です。韓国とこの5カ国、先進国で見えております。ビジネス効率指標に関してはアメリカがトップです。そして次につけているのが日本、その次が英国、ドイツ、フランス、そして韓国です。

韓国の指標は継続的に、ケイジ的には伸びていっておりますが、しかし絶対的な水準としてはほかの先進国よりも低い位置になっております。

この3つの主な総合指標に基づいてインプット、アウトプット、そして経済インデックス、そして2つの科学技術効率指標に基づいて韓国の科学技術の活動の特徴をまとめることができます。全体のS & Tではまだ韓国は遅れているものの、成長率は特にインプットインデックス、そしてアウトプット指標では最高水準につけております。5カ国と比べてです。

ただ韓国が研究開発のインプットを最終的な経済的なアウトプットに変換できる能力というのはほかの国々よりも遅れております。特に研究開発効率に関しましては時間がたっても低いままです。したがって韓国がまず必要なのは、研究開発へのインプットを増加するよりも、インプットからアウトプットへの変換できる能力を高める必要があると考えられます。どうもありがとうございました。

(伊地知) それでは次はピサラクシさん、お願いします。

(S.Visalakshi) 皆さん、こんにちは。主催者の方々にはこのような機会をいただき、私の考えを皆さんと共有できることをうれしく思います。

今回ここにお集まりになった皆様といろいろな経験を分かち合うことができるのをうれしく思います。20分の時間をいただいておりますので、その20分でインドのバイオテクノロジーを発展させるためのいろいろな努力、そのインパクトはどうなっているのか、そしてその成果はどうなっているか、これからどういうふうに何をどうやっていくべきかということなどについてお話をいたします。

私のプレゼンテーションをする前に、私の組織についてちょっとお話ししたいと思います。ナショナル・インスティテュート・オブ・サイエンス・テクノロジー・アンド・デベロップメントスタディスといいます。これは科学研究会議のもとにあります。CSIR にありますという組織でありまして、自然科学のノンエキスペルメンタルなリサーチをいろいろとしている組織であります。科学と技術と社会とのインターフェース、その関連するいろいろな研究をしている唯一の研究所であります。

例えば科学の歴史や哲学の人もいれば、R&Dの管理、それからイノベーション研究をしている人、それからまた十分にビブリオメトリクスやサイエンスメトリックなどにもかかわっている人もいます。

私自身は、どうやって新しい技術を発展させていくのか、特に非常に余り資源のない、お金の少ないような国でどうやってそれをするのか、こうしてそれを実施していく側面は非常に難しく、また複雑なものでありますので、そういうことについてお話ししたいと思います。

では、まずインドのバイオテクノロジー、これ時系列的にちょっと歴史を見たいと思います。1980年に、一部の科学者が一緒に集まって、政府に対してバイオテクノロジーの重要性に関して喚起させました。そしてそこに投資をする必要があることを政府に提言しました。

このアドバイスにのっとりまして、1982年、特にこれは近代的な生物学をやっている科学者でしたけれども、そこで1つのナショナルバイオロジー、バイオテクノロジーボードと、国家バイオテクノロジー委員会というのがつくられました。それが現在のバイオテクノロジー局の核となっています。そして、バイオテクノロジーにおけるリサーチ・アンド・デベロップメントに対していろいろ資金を与えたり、R&Dのためインフラをつくったり、それからバイオテクノロジーの研究のための人材育成や技術移転の円滑化やその商業化を奨

励し、それを規制し、またモニターすることを本格的にするようなバイオテクノロジーデパートメントというのが本格的に始動し始めました。独自の予算も与えられました。

そしてそのスタティスティクスですけれども、バイオテクノロジーがどのような状況になっているかで、これ 2005 年のときには例えば政府の投資は 2 億 7000 万ドルでした。2006 年から 7 年にかけて投資は 1 億 1800 万ドルとちょっと落ちました。

近年の間に非常にこれは急速に伸びていましたけれども、これはまた新しいバイオテクノロジーの政策ドラフトと、これは 2006 年の 1 月に提示されたものですが、それとよく時間的にも合致するものです。

その中でバイオテクノロジー局はもっとバイオテクノロジーの育成のためのプロセスを加速化させるべきであると言われています。バイオテクノロジーのそのようないろいろな製品の開発に関してです。

それからリサーチグループはおおよそ 300。会社、企業の方はおおよそ 250。そしてこの分野で訓練を受けているポストグラデュエートは年間 1000 人ぐらい。それから 2005 年の出版物は、バイオテクノロジーでは 1465、それから 2004 年のパテントの数は 47。それから 2006 年の市場での製品は 30 ぐらいです。それから 30 のうちインド国内の努力でできたものは 11 にしか過ぎないということです。

このスライドを見ますと、どのような製品がヘルスケアの分野ではインドで市場化されているか。市場で出回っているかということを示しているものです。次のスライドです。細かいことはここでは避けたいと思います。

こうした多くの製品をつくるための技術は外から導入したものです。次のスライドをお願いします。そして 2006 年にいろいろな製品、新たに打ち出されたものがありまして、そのうちの少なくとも 9 つはインドの努力、国内の努力によりインド国内での研究により生み出されたものです。

これも同じようなデータです。2006 年に市場に出されたバイオテクノロジー製品、インドの努力が中心になった物です。

次のスライドですけれども、ここではバイオテクノロジーの例えば特許やそれから出版物のトレンドを示すものであります。これ、2002 年、2000 年までのものです。これがどんどんと増えていることがわかると思います。

このスライドはバイオテクノロジーとは何なのかということ、それを定義する上でいろいろと混乱があることを示すものです。いろいろな業界団体、ASSOCHAM だとか、インド産業コンフェデレーションだとか、それからコンサルタント、フロスト・アンド・サリバンだとか、これはインドのコンサルタント会社ですが、そういういろいろなところでバイオテクノロジーとは何なのかということを見たときに、あるいはアメリカやカナダの外国からの商務省のレポートなどから見ましても、いろいろと数字の数も違います。それはインドにおけるバイオテクノロジーの定義というものがいろいろ違うことです。

例えば発酵技術から GMO、そういうものまで全部含まれているからです。それから組み換

えベースのいろいろな製品、ヘルスケアの製品もですが、遺伝子組み換えなどが行われている。農業でもそうです。医療ケアでもそうです。そういうものが含まれていると。いろいろな幅広いものでありまして、混乱がいろいろある。

そこで私たちの努力の成果を測定するのは非常に難しくなっています。

これまで過去 20 年間にいろいろな努力が行われてきて、また州、国としては相当な投資があるにもかかわらず、資源が少ないにもかかわらず投資をしてきた。しかし、アウトカムはそれほど投資にマッチするものではなかった。何が悪かったのだろうか。ということで、私たちはこれまで行われた努力を評価しようと思いました。この 20 年間十分投資は行われてきた。また研究開発の能力のためのインフラもよくなっている。また、規制、法的な手段も相当よくなったということ。インセンティブも十分あるように思える。

産業の方はこの分野に対して相当関心を示してきています。ということで、私たちは実際にこれだけ努力したのに何が起ったのだろうか。そして、アウトプットと成果、アウトカムは何だったのだろうかを評価し、そしてもし格差があるならば、その投資にマッチしただけの結果を出すにはどうしたらいいだろうか。どうしたら現状を改善できるかというようなことを頭に置いていろいろな調査研究を始めました。

ここに書いてあることがインプット、アウトプットのための枠組みです。多くの方たちも一応インプット、アウトプットだけでは限界があることは言われましたけれども、しかしインプット、アウトプット、また効率性についてお話をしたいと思います。

やっぱり韓国の方もインプットとアウトプットの差について話されましたけれども、政府、民間部門からの支出について、特に研究開発について調べました。また、研究開発のためのインフラの整備、また商業化、商品化のためのインフラの開発、それから実施のためのサポート機構、また人材育成など、それからベンチャーを始めるためのメカニズム、規制、管理、監督のための機構をつくること。また、国内外にネットワークを形成することを助ける。また、外交のカウンターパートとの共同を可能化するということなどであります。

インフラ整備については新しい施設がどれだけ開発された、またアップグレードされたものがないかということ調べました。また商業化ということにおいては、私はバイオテックパーク、またインキュベーターに対する投資を見ました。また実施のためのサポート機構については、いろいろなパネル、技術移転の組織、また基準、標準、標準化設定の機構などを調べました。人材開発について、私たちは人材の数を調べました。卒業またはポストグラデュエーションレベルの人たち、そして研究開発に従事する人の数を調べました。この最後の 2 つ、産業化です。科学に関係のないような仕事に入った人もいますので、全体的な研究開発に従事する人材の官民での数を調べたということでもあります。

また、新しいベンチャーをするためのメカニズムの設立ですけれども、ベンチャーキャピタル、また政府のスキームも調べました。新しいベンチャーを支援するような政府のスキーム、例えば免税であるとか、それから輸入関税の免除であるとか、インセンティブな

どを調べました。

また、国内外での情報ネットワークです。研究開発においては民間の企業同士でインドと外国の間での協力があると。また外国のカウンターパートの協力です。私たちは研究開発、サービスにおきます共同を調べましたし、また生産とサービスにおきます共同、協力なども調べております。

さて R&D のグループをつくることです。どれだけのグループが生み出されたかを調べております。またネットワークを国でつくと、またほかの国とについて数を調べました。どういうコンポーネントがあるか。これは学者、また学者の研究機関などであるか。それとも業界がつくったものかということ調べました。新しい施設と技能についても数字と技能の性質、例えば技術管理なのか知財なのか、また研究レベルなのかということ調べました。

また、研究開発とインフラと商業化については、バイオテクノロジーパークであるとかインキュベーターの数を調べました。また、例えばデータのアウトプットとしては出版とか特許とか製品、工程などがあります。また暗黙値と言われるようなルーチンとかスケジュール、プロトコルの基準などを調べました。

最近の分析によりますと、バイオテクノにおけます 2005 年の出版ですけれども、グローバルなアウトプットのポイント 2 % にしか過ぎなかったと。しかし特許の数はふえていますが、まだそれほどほかの先進国と比べると取るに足らない数です。特にバイオテクにおけます特許です。新しいバイオテクノロジーの会社、また多様化ですけれども、やっぱり私たちは設立された企業の数、また成長率、年率で調べております。

さて、それぞれのインプットに関連する政策手段であります。使われた、また生み出されたものとして、私たちは目標とする成果と実際の成果との差を見ました。またインプット、アウトプットに転換するための効率性を見ました。長期のアウトカム、そして地域、地元地域、国レベルでのインパクト、例えば経済とか雇用の創出、それから機能を高めること。健康、それから福祉、安寧などについても調べます。

そしてこれらの研究において政策決定者、実施をする人たちに対してインプットを与えることになります。2002 年にそういう情報を提供します。私たちとしては、インドと同じような経験のあるフランスと韓国などとの経験と比べたいと思います。政府のイニシアティブによって、バイオテクノロジーを開発するために同じ時期に同じようなことで始めたフランス、韓国、また中国、キューバの例も調べたいと思っております。

そしてそのインプットを使ってインプット、アウトプットの効率性のモデルをつくることによって最もよい政府の介入ができるようにと考えております。最もバイオテクノロジーの好ましい形での開発を 2020 年までにやるというのが私たちの目標であります。ご静聴ありがとうございました。

(伊地知) ディスカッションに行きたいと思えます。私としては、まとめはこのセッションの最後の方に行うとしまして、今 4 人の方からお話を伺いまして、イノベーションを

測定することがなぜ今必要なのか。そして何を見るべきなのか。そしてそのためにはどのようなことをするべきなのかといったお話がハズバンドさん、シルバーさんの方からあったと思いますし、それから続けてムーンさん、ピサラクシさんの方からは従来からインプット、アウトプットの仕組みの中でもやはりそれをいかに拡張して、あるいは相互の間の関係を考慮しながら実際に国、あるいはある技術分野の展開を評価するのかということでご紹介があったかと思います。

こういったプレゼンテーションを受けまして我が国の中での科学技術指標についても検討、あるいは科学技術政策研究所からのレポートの作成にもリードされてこれ、またアジアの科学技術政策の状況についてもお詳しい丹羽先生の方からまずこのプレゼンテーション全体を見ていただいた上で、ご登壇者の方にご質問とかコメントをしていただけたらと思います。よろしくお願いいたします。

(丹羽) まず、4人の講演者の方の素晴らしい講演に感謝申し上げます。私は最初、伊地知さんからご紹介ありましたが、アンステップというポータルサイトの主催者でありまして、アジアの各国の科学技術政策と指標に関するポータルサイトであります。

このポータルサイトを維持するためにはやっぱり重厚なと申しますか、人材のネットワークが必要でございまして、今回アジアから来ていただきましたお2人の方につきましてはそのヒューマンネットワークを活用させていただきました。

そういう形でアンステップをご利用いただきましたことを、まず心から感謝申し上げます。

私の役目、ちょっと伊地知さんとちょっと、余り大きく離れてはいませんが、まず私は4人の方のご発表、自分はどのように理解したかということをお話させていただいて、それからご質問させていただきたいと思います。

まず、一番最初のフィーリングさんですけども、マーバーガー博士のご提案だと思えますけれども、新しいイノベーションの定義をされた。それはイノベーションが経済的に貢献しなければいけない。社会的にも貢献、これは制度も含めまして、貢献しなければいけない。人材の育成にも貢献しなければいけない。

これはイノベーションというか、科学技術のスコープをぐっと広げたものでありまして、広げることによって従来のデータの収集法では不十分であるから、新しい定義にふさわしい調査方法を開発するというお話だったかと思います。

それから次のシルバーさんのお話も非常にフィーリングさんと同じく包括的で魅力のあるお話だったですけども、地域のイノベーションポリシーという視点から地域の政策形成に役立てるための指標は何か。イノベーション指標は何か。それから一般の人に理解してもらうための指標は何かという視点からデータは従来のものを使うかもしれないけれども、それからもちろん不足の部分を集めなければいけないけれども、新しいメトリクスを開発しなければいけない。それは新しい分析方法であり、新しい表現方法、一般の人にもわかる表現方法であるということでした。

同時にイノベーションの質が変わっている。いくつかおっしゃいましたけれども、一番大きなのは恐らくインターコネクションだと思います。そういう視点から表現したり分析しなければいけないというお話でございました。

それからムーンさんは科学技術を測定することによって国の科学技術政策を評価しようというようなことだと思います。研究開発の流れを研究開発のインプット、それからアウトプット、それからビジネスアウトプットというふうに 3 段階に分けられまして、イノベーションという視点からは先ほども言いましたように、研究開発のアウトプットが経済的なアウトプットにいかに関与するかということが重要であると通常考えておりまして、ビジネスエフィシェンシーという手法を開発されている。それをさらにいろいろと分析されましてご紹介がありました。

その発表、指標自身は大変示唆に富むものであると同時に今後いろいろと検討しなければいけない視点もたくさん含まれていたと思います。

それから 4 番目のピサラクシさんはインドのバイオテクノロジーのイノベーションについてお話になりました。私も、インドというとソフトウェアとか情報技術がすぐ連想するわけですが、実は先週の月曜日に私もインドシンポジウムというのを開きました。そこではそういう技術のほかに、バイオテクノロジーが非常に重要、かつイノベーションの進んでいる分野であるというご発表がありまして、そういう視点からまず正確なデータを集める。そしてそれが今まで努力してきた、それを評価する、それは結局、私は今までのインドのバイオテクノロジーにおけるイノベーション政策の評価につながるものであるというふうに考えております。私は早くこの調査結果を知りたいというのが個人的な気持ちでございます。

このようなお話を聞きまして、個別の方に細かい質問をすることはちょっと時間の関係もありますので、4 人の方に同じ質問を 2 つしたいと思います。1 つはイノベーションという定義が非常に広範になっていることもありまして、その広範になっているイノベーションのどのような側面に焦点を当てて調査されるのかということを知りたいと思います。

この質問に対しては既に回答された方もいらっしゃるかとは思いますが。例えばシルバーさんは大学関係について、もう少し述べたいというようなお話もありましたので、お話足りないところをお聞きしたいと思います。

それから 2 つ目は、やはり私もはこういうイノベーション政策が経済的にどのように影響するか、社会的にどのように影響するか、それから人材育成にどのように貢献するかということは、イノベーション政策の理論とかイノベーション政策の科学というものが非常に重要であって、今それが不足していると共通の理解があるのではないかと思います。

そういう意味で、今日ご発表いただいた 4 人の方々のそれぞれのプロジェクトがイノベーション政策の理論化とかイノベーション政策の科学という面にもう少しできれば具体的にどのように貢献するかということをお話いただければと思います。

時間が短いことはわかっておりますので、2 つまじめにきちんと答えていただくと恐ら

く時間的にパンクしてしまうと思いますので、一番話したいところを簡潔にご紹介いただくと、そのようにお願いしたいと思います。よろしくお願いいたします。

（伊地知） ありがとうございます。そうしましたら、ハズバンドさんからよろしいですか。

（Kaya G.Husbands Fealing）イノベーションの定義ということで、私たちはただリサーチと開発だけを見るのではなくて、それを例えば新しいアイデアを生み出していく上でのプロセスでの、例えばリープフロッグ・イノベーションというの也有ります。一足飛びのカエル飛びのようなイノベーションというの也有ります。そのインプットは何だったのか、そういうイノベーションのアウトプットは何なのか。あるいはアウトカムは何なのか、そういうことをやっていきたいなと思います。

私たちがやりたいなと思っているこのリサーチ分野です。イノベーションとは一体何なのか。その定義、それからそれがイノベーションのエコロジーにどのような影響を与えていくのかということで、私たちは大学とそれから会社の間に、これが大学で開発されたものがダウストリームで、川下で、例えば会社などでどのように使われていて、それがイノベーションにつながっていくのかということ。

それからシルバーさんがおっしゃったような話がありますけれども、どうやって大学で開発されたものは何なのか。それが会社でどのように発達するのかということ。そういうところを見たいと思いますし、それからもう1つはパテントに関するデータです。インプット、アウトプットということを考えるときにパテントの数、私たちはその数を数えますけれども、今いろいろなリソースができておりまして、パテントのフルテキストを見て、パテントの歴史は何なのか、パテントのファミリーは何なのか、そしていろいろな国々の間での1つのパテントを発達させていく上でどうやっていろいろな国々で協力をしたのか。

それからまた実際に発見されたもののうちのどれぐらいが市場化されたか、商業化されたかということ。またパテントの10%ぐらいなのか、どうなのかと。そのR&Dをいわば市場化するというときにパテントのどれぐらいが市場で使われているのかというようなこともです。

ただパテントの数だけではなくて、私たちのR&D、それから私たちの創意工夫を測定する上で、私たちがパテントというものを過大評価しているのか、過小評価しているのか。それから製造業だけなのか。それともいろいろなサービスセクターでも新たなイノベーションがあると思います。生産性の伸びということでは大きな面が見られます。

そういう側面も全部私たちはカバーしたいと思うのです。

ディスカッションで1つできる、ひょっとしたらパテントのための市場をつくる、例えばイーベイのようなシナリオですね。そうすればおもしろいと思います。私たちはマーケットをつくって、何がクリアされているか。それから新しいイノベーションの公正なマーケット価値は何なのか。これは私のアイデアではないのですが、私はリサーチャーです。元の会議で言ったのですが、イーベイのような、イーベイ的なコンテキスト、ある

いはメカニズムが使えるのではないか。

それからイノベーションを理解する上でもう1つ使えるのは、イノベーションのモデリングということです。エコロジー・オブ・イノベーションのモデリングです。それをするために、いろいろな世界の学際的な人たちが集まってきて、機能的に私たちは何ができるのか。例えばウィッキーをつくろうというようなオープンソースのリニックスなどもそうやってできてきたのですが、それから科学とイノベーション政策の研究に関してそういうこともやはり必要ではないでしょうか。

オープンソースでやる。それはやはりなかなか難しいもので警告も必要ですし、その運営も難しいのですが、これは研究開発で、これが新しいイノベーション的な考え方だと。それを使っていくためにです。

政策サイドではなかなかやっぱり難しい問題です。どうやって本当に科学と技術のためのイノベーションの STI のためにどうやって真の政策をつくっていくかということ。真の政策です。

よりよい政策をつくるためにはよりよい証拠が必要だと思います。しかし私たちは余りにもいろいろ規範的になりたいとは思わないのです。余りにもメカニズムに依存してしまって、トランスフォーマティブなリサーチ、これからどのように進むかということが予想できないようなリサーチに水を差すようなことはしたくないと思うのです。

次にリサーチの評価です。事後の評価です。事前ではなくて、私たち、事後にどうやってこれやったのかと。これがインプットであり、これがアウトプットである。これだけの何%のエフィシエンシーが達成できた。私たちはもっと規範的な分析、それからポートフォリオモデルだとかエージェントベースのモデルなどをつくっていききたいなと思います。

このような方向性でこれから行くのだと。前を見越した形でやっていくのですけれども、でもここにも警告が必要です。余りにも規範的になってはいけない。モデルに余りにも縛られてしまっただけではいけない。もう大きなバング、ビッグバンがあるかもしれないのですから。

(伊地知) シルバーさん、お願いいたします。

(Mariko Silver) 私は時間がありませんので、最初の質問と2つ目の質問を合体させたいと思います。でも今フィーリングさんがおっしゃったことにまず支持をしたいと思います。政策がいろいろと指示を出すように、そういう方向に行くことの危険です。政策は指示を出すのではなくて、フレームワークをつくるものであるべきなのです。イノベーションができるようなフレームワークです。

私たちが余りにも政策をいわば規範的なものにしてしまったら、起こり得ることも起こらないという可能性があります。ローカルな政策策定のレベルでは、特に資金のスケールですけれども、連邦政府ほど大きくないのです。余り柔軟性もない。人々はできるだけ早く成果を出してくれと。しかも有形の目に見えた形での成果をと。そうなりますと、私たちとしては、この技術のプログラムは6つのパテントを出さなければいけない。しかもこ

れから5年の間にとか、そういうふうなことになってしまいますと、これがグラントプログラムメトリクスになりますと、それ自身でいろいろと拘束をするだけで新しいイノベーションをもたらすこともないし、カエル飛びの一足飛びの大きな発見もできてこないと思うのです。

それから次にイノベーション政策の理論が不足している、そこに抜け穴があることですが、1つここで認識しなければいけないのは、これはいつもそうだと思います。イノベーションはその性質上、いつもダイナミックなものであり、シフトしているのです。いつも移り変わっている。そうでなければイノベーションではないのです。

ですから、いつも私たちの考え方、政策のつくり方、メトリクスのつくり方ということを見直しながら、考え直しながらやらなければいけないのです。どうやってそれを動かし続けていくことができるか。そういう中でのコミュニケーションをとっていかなければいけない。

きのうはマルチアクターアプローチというのがありました。それからマルチディスプリンアプローチと、アクターが複数入って、それから分野も複数にあるというやり方でイノベーションの政策もイノベーションのマトリクスも考えなければいけないでしょう。

先ほど私が見せたピンクのあのコーナーです。そのマルチディスプリナリーといったときも例えばエコノミストと統計の人と、それから政策の担当の人というだけではなくて、生物学者、それから化学者、地質学者とかいろいろな学際が考えられるのですけれども、ウィッキーだとかあるいはフェースツーフェースで人々が一同に会してブレインストーミングをするのです。いろいろな分野の人がどうやって人間のイノベーションの移行システムというものをどうやって作り上げてきたのか。

それも現地で実地で現場で働いている人たちもです。大小企業のそういう人たち。小さなイノベーションかもしれませんけれども、リニックスも最初は小さくしか見えなかったのですが、今ではかなり大きなものになってきています。ライナス・ストロバーのようなリニックスのプロジェクターです。そういう人たちに来てもらってイノベーションをどう見るかを彼らにも語ってもらう。彼らが次の段階に関していろいろなアイデアを持っているでしょう。そういう人たちもやはりオープンにディスカッションの中に取り入れて、そしてこれからイノベーションの分析やイノベーション政策、そういうものの枠組みをこれからつくっていくべきでしょう。

それから最後、大学についてです。1つ、余り十分に私たちが見ていないのは、私たちの制度や体制がどのような役割をイノベーション・システムで果たしているかです。アメリカの場合には、日本のケースについてもお話を伺いましたし、ヨーロッパ、それから中国のケースも伺いましたけれども、大学の改革が必要だということです。それが言われています。

その大学こそイノベーションの苗床であると。たくさんの発明や発見がそこから出てきている。イノベーション自身は大学から来ないかもしれないけれども、その大学で教育を

受けた人が外へ出てからそこで大学でアイデアを得て、世界に出てから社会人となってビジネスを始めてイノベーションにつながることもあるのです。

そういう中でイノベーションで大学の機能です。私たちの大学がどうやればもっと先を見越した形で大学と企業との間の橋渡しができるか。それも伝統的な技術移転ではなくて、アントレプレナーシップ、コーチングなどに関してもです。どうやって私たちの組織の中のいろいろな教授陣などが世界で起こっていることとどうやってコネクトするか。私たちのまた教授陣がどうやってコミュニティとコネクトするか。

ほかの学者と意見を交流するだけではなく、それも重要ですけども、でも、本当に人々、現場で働いている人たち、イノベーションをやっている人たちとの話し合いも続けるということです。それが私たちのもうでき上がっている大学のような制度に対する大きなチャレンジです。

あるいは国家の研究所などもそうです。どうやっていろいろなところから来るようなアイデアを活動の中に結びつけていくのか、取り込んでいくのか。そして世界と結びついていくかということです。学術的なものだけではなくて、コミュニティのレベルにまで広がってであります。

(Hye Sun Moon) 韓国は政府レベルの発明が強調されております。特に申し上げましたように効率ということを考えますと問題がありまして、この研究開発のインプットは高いものの、アウトプットの方が低いという問題があります。この問題を解決するために韓国は指標を開発し、研究開発のアウトカムを測定し、特に民間部門で、そしてまた公共部門で適用しようとしております。

政策に関してですが、韓国におきましては種々のプログラムを導入し、パートナーシップを促進しています。民間、官民、民民の関係を振興しております。

また公共部門の研究開発のアウトプットの管理をしようということで努力しております。(S. Visalakshi) イノベーションの定義の中には組織のイノベーション、またそのほかのアレンジメント、取り組みも入っていると思います。インドはそのような機会がある国だと思っております。大きな多額の投資もありませんし、最近まで産業の保護を目的としておりますので製品のイノベーションは大きなセクター、例えば製薬だとか農業、食料の分野ではありませんでした。

しかし最近起こっていることは、工程レベルでのイノベーションであります。多くのイノベーションが組織レベル、アレンジメントレベルで行われておりまして、我々の研究の中では中小企業などが、相当投資能力がないところがこのようなタイプのイノベーションをやっているということがわかりました。

これは文献の中に出ているものであります。彼らがどうやって機会をとらえているかを見ております。それによっていくつかのアレンジメント、取り組みを組織レベル、企業レベルでやっています。そして製品のカスタマー化をやって、ほんのちょっとずつですけどもイノベーションを出しています。

それは地元のローカルの人たちに適用できるものでありますし、また買うことができる人には買ってもらえるものであります。また知識の学習などによって知識を発展させていきます。これも企業レベルで行っておりますが、大変興味深いことだと思っております。品質に対する意識が高まって、それによってまたイノベーションが高まっています。途上国を研究したいならば、どういう途上国でのイノベーションがあるとなれば、それはもしかしたら伝統的に文献で出てこないようなイノベーションを調べるべきでありましょう。

いろいろな組織レベルのアレンジメント、取り組みというような形で、また組織間のアレンジメントによるイノベーションがあります。

さて、どうやってこのイノベーションをテコにして、公的な研究機関があるかということです。中小企業はほとんどお金がありませんので、やはり官の分野で行っております。

政策についてご質問がありましたけれども、いくつかの例があります。政策をつくってはいけないという形です。政策があるがゆえにイノベーションの足を引っ張ったということがあります。

バイオテクの分野でお話をしたいと思いますが、相当な活動が90年代の初めに行われました。たくさんの診断薬をつくろうということだったわけですが、しかし、もしかしたらインドが製品化できるかも、してないことがあったわけですが、感染症があって、それに対する診断薬を生み出したかったわけです。しかし、インド政府の政策によって、輸入に対して輸入関税がかけられました。すべての診断に使うためのキットに対して外から輸入しなければならなかったのですが、しかし輸入関税が高かったものですから、イノベーションがうまくいきませんでした。

HIVのキットの方は無料で入ってきております。しかしながら、そのほかの診断薬のキットは輸入関税がありました。したがって、これに対するイノベーションが全く失速してしまったということでした。したがって、やり方としては外から入れてラベルを変えて出すというようなこともやっていましたけれども、これはよくない例だったと思います。

もう1つの例としては、バイオテクのためどうやって人材を生み出しているかということです。最初はポストグラデュエートだったわけです。産業はまだまだもっとローエンドで働いていた時代でありましたので、余り技能のない中等レベルの技能の人でよかったということでありました。ですからその卒業レベルでの人材はこのようなシステムの中で雇用されませんでした。

しかし、これによって1つのトレンドが、趨勢ができてしまって、今でもこのような人々に対する人材の要求はあるわけですが、特にバイオテクで訓練を受けた人々がその分野に入らないということで、この業界では十分な人材を手に入れることができないということがあります。ですから、このシステムにどれだけの人材を吸収できるかを考えて政府が政策をすることによって、ギャップを生み出さないようにすべきだと思います。ですから、きちんとした政策をつくるのが大事だというのが、私が言えることです。
(伊地知) それぞれのお答えを受けて丹羽先生の方からコメントがありましたら、時間

短いですが、お願いいたします。

(丹羽) 私のコメントとしましては、会場の皆様も恐らくお聞きになってわかったかと思いますが、イノベーションというのは非常に多様で、それで国の恐らく文化とかそういう背景も踏まえて行われていると思います。

それからイノベーション自身が非常にチャレンジングな問題、困難な問題で、イノベーションの科学をつくる。イノベーションを理論的にアプローチすることが非常に困難な問題であって、1つの解とか一筋の道でできるとは思えないというのが実感でございます。

そういう意味でいうと、私は今日はこれも個人的なのですが、いろいろな4つの今日発表がありましたし、またそれだけではなくてたくさんのプロジェクトがあるかと思えますけれども、いろいろな意味でフュージョンといいますか。共同研究というか。知識の融合というか。そういうようなことが可能であるというよりも必要ではないかというような感じを持っております。

これも時間がありませんので本当に簡単でよろしいのですが、そのようなほかの、自分たちがやっているプロジェクト以外の分野との共同研究とかフュージョンとか、そのようなことについてどう考えていらっしゃるか、簡単でいいですけど、ちょっとお聞きしたいと思います。

(伊地知) では済みません。手短にそれぞれ今の質問にお答えいただければと思いますけれどもいかがでしょうか。

(Kaya G. Husbands Fealing) コラボレーションは必要であります。我々の中でもアメリカでの研究に対してお金を出すわけですが、コラボレーターをアメリカ以外で見つけなさいということを言っています。それは我々がいつもやっていることです。

(Mariko Silver) 確かにそうですね。イノベーションを生み出す、理解することはとても大事であります。そのときに政策のレベルで計画をし、環境を生み出すことによってこのような学際的な仕事ができるようにするべきだと思います。ということで企業の人たちにも参加してもらうことが必要だと思います。

そしてイノベーションを始めから理解するためにはコラボレーションが必要であります。政府がそれを奨励することは必要だと思います。

(Hye Sun Moon) イノベーション、科学技術の開発ということはとても重要です。国のイノベーションを理解するためにも必要なことだと思っております。

韓国は国の科学技術について大変大事だと考えておりまして、そのためにパートナーとのコラボレーションが必要だと思っております。そしてそのために科学技術の指標を介することが必要だと思っております。

(Visalakshi) やはり私どものプロジェクトもここの中では共同、コラボレーションしています。中国、ブラジル、キューバなどとしているつもりです。どうやって彼らは自分たちのイノベーションをマネージしたのだろうか。バイオテクの場合にイノベーションをマネージしたのかということで、お互いから双方から学びたいと思っております。

こういうことでお互いの研究を豊かにすることができますし、政策づくりもできるだろうと思っております。

(伊地知) 時間の関係でフロアの方からご質問をお受けする時間が取れませんでしたけれども、ちょっと最後に簡単に私の方からセッションのまとめをしたいと思います。

皆さんお聞きのように非常に幅広い、日本の方からすれば目を見開かせてくれるようなそういったことが、今各国で行われているといったことについてご理解いただけたのではないかと思います。

共通しているのはやっぱりエコシステム・オブ・イノベーションという言葉に象徴されるように、単にインプット、アウトプットということではなくて、例えばインターコネクションズであるとか、あるいはファンクションだとか、そういったものについて理解をする。そういうことを理解することは、あるいは測るということは、従来のマクロレベルのことではなくて、ミクロレベルにまで降り立つ、そのためにいろいろな利用可能なデータを集める、あるいは必要であればさらに新たにデータを取っていくといったことで、しかも従来のコミュニティだけではなくて、幅広いコミュニティの人たちともデータ、あるいは分析結果を使いながら展開をしていくというようなことが重要だということを強調していたのではないかと思います。

さらにそういうイノベーション・システムの複雑性もあるわけですから、さらにグローバルイゼーション、一方でリージョナライゼーションとかありまして、従来の国レベルではなくて、その違うレイヤーも同時に見ていく必要があるといったことを指摘されたのではないかと思います。

さらに言いますと、従来は過去を振り返るだけだったのですけれども、それに加えてやはり今を知る、あるいは近い将来何をすべきかをわかるためには、まさに今の状態をすぐわかるようにしなければならないというようなことが指摘されたのではないかと思います。

ちょっと日本の方に関してなんですけど、やはりイノベーションが非常に重要になってくる。エビデンス・ベースド・ポリシー・メイキングという、あるいは評価という観点からすると、やはり我々はどうしてもこういうデータが必要、あるいは分析が必要なわけです。なかなか実際の研究とか開発の方にはリソースが行くわけですが、こういった冷静な分析についてはまだなかなか十分なリソースが行ってないのではないかと。

あるいは非常に、シルバーさんのプレゼンテーションの中にもありましたけれども、フロンティアがどんどん広がっているというダイナミクスの中で、新しい展開をいかに捉えていくのか。その一方で従来からのところもいかに測って分析していくのか。そういう難しいことをしなければいけない状況になっているのではないかと思います。

そういう点で、今日ご参加いただいている皆さんの協力を仰ぎながら、やはり日本としてもイノベーションの測定がきちんとできるように進めていく必要があるのではないかと思います。

またこれは私自身のことでありますけれども、私自身、OECD の活動にも参画していまし

て、そういった点で今日のお話のグローバリゼーションの関係がありますけれども、いろいろデータの、あるいは研究成果の共有ですとか、国際的な活動、例えばネットワークといったものについてもこういう機会があるわけですので、ますます活発になっていって、これは私自身のことですけれども、そういったことに微力ですけれども力になっていきたいと思っていますし、また今日ご参加の皆さん、そしてまさに登壇者の皆様というのはまさにこの分野で活躍されている方ですので、そのネットワークをより強いものにしていけたらと思っています。

今日は短い時間でありましたが非常に中身の濃いプレゼンテーション、それから議論ができたのではないかと思います。

最後に登壇者の皆様に厚くお礼を申し上げたいと思います。パネリストの皆さん、どうもありがとうございました。

〔拍手〕

（司会） 講演者の皆様、伊地知先生、ありがとうございました。以上をもちまして国際フォーラム「イノベーションとその取り組みをめぐる国際動向、イノベーション測定」を終了させていただきます。

EU KLEMS プロジェクト（生産性計量）会合＜2007.3.16～3.18＞

一橋大学 経済研究所 深尾京司

日本大学 経済学部 権 赫旭

EU 加盟国の産業別全要素生産性動向を分析するため、欧州委員会の科学研究費 6 億円強を投入し、2005 - 2007 年に行われている EU KLEMS プロジェクトの最初の公開用データベースが完成し、これに関する会議が 3 月 15 日から 17 日までの 3 日間行われた。この会議の様子を以下では報告する。

3 月 15 日：EU KLEMS March 2007 報告会

3 月 15 日には、EU KLEMS データベースの最初の公開版(March 2007 版)が公開され、ブリュッセルの EU 本部の近くの会議場で、報告会が開かれた。主な内容は以下のとおり

Van Ark による報告

JIP データベースが協力した日本に関する結果。

新しいデータを使った国際比較の結果については、Fukao and Miyagawa 論文を参照。

今後は、TFP 上昇の決定要因（イノベーション、無形資産、規制）について分析することが課題。

Jorgenson による報告

EU KLEMS により、今後の生産性国際比較の国際標準が確立された。今後は国際機関を含め、EU KLEMS のような精緻なアプローチ（労働の質を考慮、資本の寄与を資本サービスとして把握、等）を取らない生産性分析は淘汰されることになる。

パネルによる議論（各国研究者、欧州委員会関係者、フィナンシャルタイムズ記者等）

EU KLEMS の成果は、リスボン合意の達成等、EU の経済政策上非常に重要。

フランスの大統領選では、雇用のほうが生産性より重要。スペイン、イタリア等、多くの国では過去 10 年間に雇用が大幅に拡大した。各国は、生産性上昇を犠牲にしても雇道を拡大した傾向あり。

3 月 16 - 17 日：EU KLEMS 総会

労働、ミクロデータを使った実証、イノベーション、国際化等、EU KLEMS の各分科会の研究の中間報告が行われた。

欧州委員会より競争的研究資金募集の説明

欧州委員会 Research Directorate General による 7th Framework Program の募集が今年行われる（対象研究期間は 2008-2010 年）。経済分析に関して、この募集の要点を欧州委員会担当者が説明。EU KLEMS の後継プロジェクトに適切な募集枠として、「無形資産とイノベーション」（中型プロジェクト）「政策評価指標とモデルの構築」（大型プロジェクト）が適当ではないかと、提案があった。報告の後の Van Ark 達フローニンゲンチームとの会話の感触では、彼らは政策評価指標にはあまり興味がなく、非競争輸入型国際産業連関表の推計か（アジ研の国際産業連関表の EU 版）、無形資産推計を Bart Los を中心に行う可能性が高いようであった。

テーマ別個別研究中間報告

公開された EUKLEMS データベースと EU 諸国のミクロデータを用いて実証分析を行った 15 本の論文が発表された。

EUKLEMS の生産性分析班(WP7)の 4 つの論文は ICT と生産性上昇間の関係を分析していた。その中で次の二つの論文を紹介したい。まず、Robert Inklaar, Marcel Timmer and Bart van Ark の論文は 1995 年以降に EU の中だけではなく、EU とアメリカの間においても、生産性の収束が終わって、生産性の格差が広がっている結果を得ている。生産性格差は人的資本、ICT 投資や規制よりもサービス産業における生産性の低迷に原因があったという分析結果を提示した。次に、Bart Los and Marcel Timmer の論文では、DEA 方法を利用して、全要素生産性を新の技術進歩(イノベーション)と効率性上昇(イミテーション)に分けて、生産性のグローバル・フロンティアへの収束や発散に関する分析を行った。生産性のグローバル・フロンティアの拡張の主要な原因は ICT 資本にあった。イギリス、フランスとドイツでは、効率性上昇によるグローバル・フロンティアへの収束現象が発見された。

EUKLEMS の労働市場分析班(WP8)の研究結果として、アウトソーシングとスキル労働需要の関係を調べた論文 2 本と移民が生産性に及ぼした効果を分析した 1 本の論文が発表された。移民が経済へ与える効果に関しては、イギリスとスペインの二つの国を対象にして分析が行われた。両国で、移民は GDP の成長にはプラスの寄与をしたが、労働生産性の上昇に関してはマイナスの効果をもたらした。移民の効果を量的効果と質的效果に分けて、移民の効果を分析した結果を見ると、量的効果においては両国が同じだったが、質的效果においてはイギリスでは産出成長と労働生産性に対して正の効果だった。一方、スペインでは負の結果を得ている。

EUKLEMS のミクロデータ班(WP10)は 4 本の論文を発表した。これらの論文では、企業レベルのデータを用いて、多角化、垂直生産ネットワークとサービス産業の物価と生産性上昇との関係が分析された。その中で、サービス産業において、生産性上昇のばらつきが大きい理由をサービス産業における物価の測定問題で探した論文は特に面白かった。

技術進歩とイノベーション班(WP9)でも 4 本の論文が発表された。この班では、生産性

や資本収益率の国際比較の方法や分析結果と特許データを用いたイノベーションの測定と国際・産業間のイノベーション・システムの差に関する研究が進行中であった。特許データを用いたイノベーションの測定に関する論文では、重要なイノベーションとそれ以外に区別する問題の重要性が指摘された。

会議での主な論点

まず、生産性の収束が終わり、生産性の格差が広がっている現象とその原因に関して議論された。国際間において生産性の格差が広がっている原因はサービス産業における生産性上昇の差にあった。製造業とは異なって、サービス業における生産性の測定とその決定要因を分析することが非常に難しい。したがって、サービス産業の生産性測定問題（生産概念、デフレータ問題など）とサービス産業の生産性上昇させる要因（無形資産、経営組織の変革など）を明らかにすることが今後の重要な研究課題として残された。

次に、全要素生産性は製品が高付加価値になること(製品イノベーション、真の技術進歩)と費用の削減（工程イノベーション、効率性上昇）により上昇する。今までは、生産性の上昇を分けて分析した論文はあまり存在しない。どの要因により生産性が上昇するかどうかは学問分野だけではなく、科学技術政策分野でも主要な関心事であろう。

イノベーション測定に向けた示唆

イノベーションを測定するために、特許データや特許引用データがよく整理されていることが分かった。NBER 特許データ、USPTO 's PATSIC-CONAME, OECD PatStat などのデータベースが利用できる。しかし、これらのデータは産業や企業とマッチされていない問題がある。NBER データベースは企業レベルの財務データはマッチされている唯一のデータベースであるが、88 年を基準にした企業情報を利用して、すべての期間における企業と特許をマッチしているために大きな問題がある。既に、構築されている産業、企業データベースと特許データベースをマッチすることで、イノベーションの質を明確に考慮できることを示唆された。

EU KLEMS の今後の作業に関する打合せ

成果を 3 巻本で出版すること。その内容と締め切りの確認。

12 月に発表する最終版では 2005 年までのデータをカバーすること。他国のオリジナルの労働・資本データを各国メンバーはもらえること。個別テーマ研究の今後の進め方。等が話し合われた。次回総会は 2007 年 12 月 12 - 14 日。場所はおそらくアムステルダム。

イノベーションの測定に向けた基礎的調査

報告書

平成 19 年 3 月

文部科学省 科学技術政策研究所

第 3 調査研究グループ

〒100 -0005 東京都千代田区丸の内 2 -5 -1 文部科学所ビル 5 階

TEL : 03 -3581 -2419 FAX : 03 -3581 -9089 e-mail : 3pg@nistep.go.jp